

**ANNALES
DE
ZOOLOGIE
ÉCOLOGIE ANIMALE**

VOLUME 1

1969
TRIMESTRIEL

NUMÉRO 4



**INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE
AGRONOMIQUE**

AZEA1.4

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, PARIS-VII^e. Tél. : INV. 41-09.

Directeur général : J. BUSTARRET

Inspecteurs généraux : A. CAUDERON, G. DROUINEAU, R. FÉVRIER, P. MORNET, R. PÉRO

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. BUSTARRET

Annales agronomiques.

- M. HALLAIRE, Chef du Département de Bioclimatologie.
- S. HÉNIN, Chef du Département d'Agronomie.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

- R. MAYER, Chef du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes.

Annales de Phytopathologie.

- H. DARPOUX, Chef du Département de Pathologie végétale.

Annales de Zoologie - Écologie animale.

- E. BILIOTTI, Chef du Département de Zoologie.

Annales de Zootechnie.

- R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
- A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
- A. RÉRAT, Directeur de la Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs, C. N. R. Z.

Annales de Technologie agricole.

- M. FLANZY, Chef du Département de Technologie des Produits végétaux.
- G. MOCQUOT, Chef du Département de Technologie des Produits animaux.

Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique.

- A. FRANÇOIS, Chef du Département de Recherches de Nutrition.
- C. THIBAUT, Chef du Département de Physiologie animale.

Annales des Sciences forestières.

- P. BOUVAREL, Directeur de la Station d'Amélioration des Arbres forestiers, C. N. R. F.
- J.-P. CHESNEAU, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 54 - Nancy.
- J. PARDE, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

- J. POLY, Chef du Département de Génétique animale.

Apidologie (Revue franco-allemande, coédition I. N. R. A. — Deutscher Imkerbund).

- J. LOUVEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux, 91 - Bures-sur-Yvette.

Recherches d'Économie et de Sociologie rurales.

- D. BERGMANN, Chef du Département d'Économie et de Sociologie rurales.

Recherches vétérinaires.

- P. MORNET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Recherches d'Hydrobiologie continentale.

- R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
- C. THIBAUT, Chef du Département de Physiologie animale.
- R. VIBERT, Directeur de la Station d'Hydrobiologie continentale, 64 - Biarritz.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :

Service des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78 - VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

**ANNALES
DE
ZOOLOGIE
ÉCOLOGIE ANIMALE**

VOLUME 1

1969

NUMÉRO 4

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
149, rue de Grenelle - PARIS-7^e

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique
à l'exception des sommaires et résumés

**BIOLOGIE DE *PHANEROTOMA FLAVITESTACEA* FISCHER
(HYMENOPTERA BRACONIDAE).
MISE AU POINT D'UN ÉLEVAGE PERMANENT
EN VUE DE LA LUTTE BIOLOGIQUE
CONTRE *ECTOMYELOIS CERATONIAE* ZELL.**

E. BILIOTTI et Jeanne DAUMAL

Département de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, 78 - Versailles
Station de Recherches de Lutte Biologique et de Zoologie,
Centre de Recherches d'Antibes
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

L'importance économique prise dans le bassin méditerranéen par *Ectomyelois ceratoniae* ZELL. et les difficultés que présente la mise au point d'une lutte chimique efficace contre ce ravageur, ont conduit à rechercher des procédés biologiques de lutte.

Parmi les entomophages qui s'attaquent à *E. ceratoniae* sur la côte des Alpes-Maritimes, le choix s'est porté sur *Phanerotoma flavitestacea* FISCHER à cause de la bonne corrélation écologique qui se manifeste entre l'hôte et le parasite.

La première partie du mémoire traite de la biologie du Braconide et met en évidence la coïncidence existant dans le développement des deux insectes. Le mécanisme de la ponte, ainsi que les facteurs réglant la fécondité et la longévité de *P. flavitestacea*, sont analysés.

La deuxième partie du travail est consacrée à la description de l'élevage de masse permanent de l'entomophage, non pas sur son hôte naturel, mais sur *Anagasta kühniella* ZELL., plus facile à élever au laboratoire et qui présente une excellente corrélation physiologique avec le parasite.

Les résultats obtenus permettent d'envisager une production de masse importante de *P. flavitestacea*.

Les chenilles d'*Ectomyelois* (*Myelois*) *ceratoniae* ZELLER, Lépidoptère *Phycitinae*, attaquent les gousses de caroubier (*Ceratonia siliqua* L., Césalpinées) dans l'ensemble du Bassin méditerranéen. L'espèce est adaptée à la consommation des fruits moyennement aqueux à secs. Cette particularité explique la grande polyphagie d'*E. ceratoniae* qui est couramment rencontrée en Afrique du Nord sur : dattes, gousses d'*Acacia*, noix, amandes, pistaches, figues, grenades, coings, oranges... (DELIASSUS-LEPIGRE, 1935; WERTHEIMER, 1958; LEPIGRE, 1961). L'inventaire des hôtes de l'espèce n'est pas clos et, récemment, MINEO (1967) la signalait sur olives.

Cette polyphagie et les grandes variations de couleur observées chez les papillons ont conduit à décrire sous des noms différents des individus appartenant en fait à la même espèce. Les observations poursuivies pendant plusieurs années en Algérie par l'un de nous (J. D., 1961) l'ont amené à identifier notamment la Pyrale des dattes *Myelois decolor* ZELLER à *E. ceratoniae* (forme blanche).

E. ceratoniae est le ravageur permanent des fruits du palmier dattier en Algérie. La forme grise très répandue dans les régions circum-méditerranéennes n'a pas une grande importance économique lorsqu'elle reste inféodée au caroubier. Par contre, son installation sporadique dans les orangeries, liée à des facteurs écologiques complexes, est considérée à l'heure actuelle comme un danger permanent pour l'agrumiculture méditerranéenne. CARRERO (1966) a décrit les dégâts occasionnés par ce ravageur en Espagne sur différentes variétés d'oranges. (Signalons qu'une espèce de mœurs similaires, *Paramyelois transitella* WALKER, fait l'objet d'études détaillées dans les pays producteurs d'agrumes et notamment en Californie.)

La polyphagie d'*E. ceratoniae* et sa large répartition dans l'espace sur des hôtes variés rendent difficile la mise au point d'une lutte chimique efficace. Seule la lutte biologique paraît capable d'atteindre cette espèce dans les différents biotopes où elle se développe.

Il était donc important de faire l'inventaire des ennemis naturels d'*E. ceratoniae*. Nous avons fait porter nos recherches sur le littoral et dans le Sud algérien puis, sur la côte des Alpes-Maritimes où le ravageur était trouvé en grand nombre sur caroubes, noix, nêfles, etc.

Dans les Alpes-Maritimes un premier inventaire des entomophages permettait de recenser :

— pour les prédateurs :

Un Coléoptère *Cleridae* qui attaque les chenilles dans les fruits.

Trois espèces d'Hémiptères *Anthocoridae* : *Cardiasthetus nazarenus* REUTER, *C. fasciventris* GARB., *Buchananiella continua* B. WHITE qui attaquent les œufs et les jeunes stades.

— pour les parasites :

Devorgilla (= *Nemeritis*) *canescens* GRAV.

Phanerotoma dentata PANZ.

Diadegma chrysosticta GMEL.

Apanteles sp.

Bracon sp.

Phanerotoma sp. ⁽¹⁾ ⁽²⁾.

Toutefois, le pourcentage de parasitisme pour chacune des espèces entomophages trouvées dans les caroubiers reste très faible (1 p. 100). Nous observons le même fait en Algérie dans des biotopes comparables.

La liste générale, dressée récemment par GOTHILF (1969) à partir de ses échantillonnages en Israël et de la littérature, ne comporte pas *D. canescens* ni *D. chrysos-*

⁽¹⁾ — Nous remercions le docteur FISCHER et le docteur AUBERT qui ont effectué la détermination de nos échantillons, transmis le plus souvent par l'intermédiaire du Centre d'Identification des Insectes entomophages de l'O.I.L.B.

⁽²⁾ — M. J. CARAYON a déterminé les Hémiptères *Anthocoridae*. Nous lui adressons nos vifs remerciements.

ticta mais cite, par contre, au total 24 espèces dont plusieurs sont très probablement des parasites secondaires. Cette liste ne donne comme prédateur que l'acarien très polyphage, *Pyemotes* (*Pediculoïdes*) *ventricosus* NEWP., il conviendrait donc de lui adjoindre les *Anthocoridae*. Les taux de parasitisme observés par GOTHILF sont également faibles.

Dans les palmerais algériennes, par contre, les observations poursuivies pendant plusieurs années sur la forme attaquant les dattes nous ont montré que le parasitisme dû à *Phanerotoma plannifrons* NEES et à *Phanerotoma flavitestacea* FISCH. était plus important. Pour la récolte de 1961-62, dans la localité d'Aïn-ben-Nouï, nous obtenions 10 et 15 p. 100 de parasitisme pour les dattes d'exportation, 23 p. 100 pour les dattes écartées au moment du tri. Ces échantillonnages étaient surtout destinés à contrôler l'extension de la Pyrale, aussi les chiffres précédents ne donnent pas une image exacte du parasitisme réel puisqu'ils ont été obtenus d'échantillons prélevés après la récolte et dans une seule localité.

La présence constante de *P. flavitestacea* pendant plusieurs années successives et la coïncidence régulière des éclosions d'adultes de l'hôte et du parasite montrent cependant une bonne corrélation écologique entre l'hôte et le parasite.

Nous nous sommes donc intéressés à cette espèce pour étudier en détail les possibilités de son utilisation en lutte biologique.

I. — BIOLOGIE DE PHANEROTOMA

1. Position systématique

P. flavitestacea est un Hyménoptère *Braconidae* de la sous-famille des *Cheloninae*, tribu des *Chelonini*. L'espèce a été décrite par FISCHER en 1959 d'après des exemplaires de Macédoine. Elle semble répandue dans tout le Bassin méditerranéen. Les représentants du genre vivent aux dépens des Lépidoptères et appartiennent au groupe des parasites ovo-larvaires : ponte dans l'œuf de l'hôte et développement dans sa larve.

2. Évolution larvaire et nymphale

Nous ne décrirons pas les stades successifs qui sont figurés sur la planche I. Nous donnerons seulement quelques détails caractéristiques.

a) 1^{er} Stade.

A 25°C l'œuf du *P. flavitestacea* éclôt au bout de 24 heures.

Le premier stade larvaire est caractérisé par une capsule céphalique fortement sclérifiée portant des mandibules aiguës, non dentelées, en position prognathe. Au moment de l'éclosion 5 anneaux seulement sont visibles en arrière de la capsule céphalique mais en fin de croissance, la larve dont la longueur a décuplé présente 12 segments.

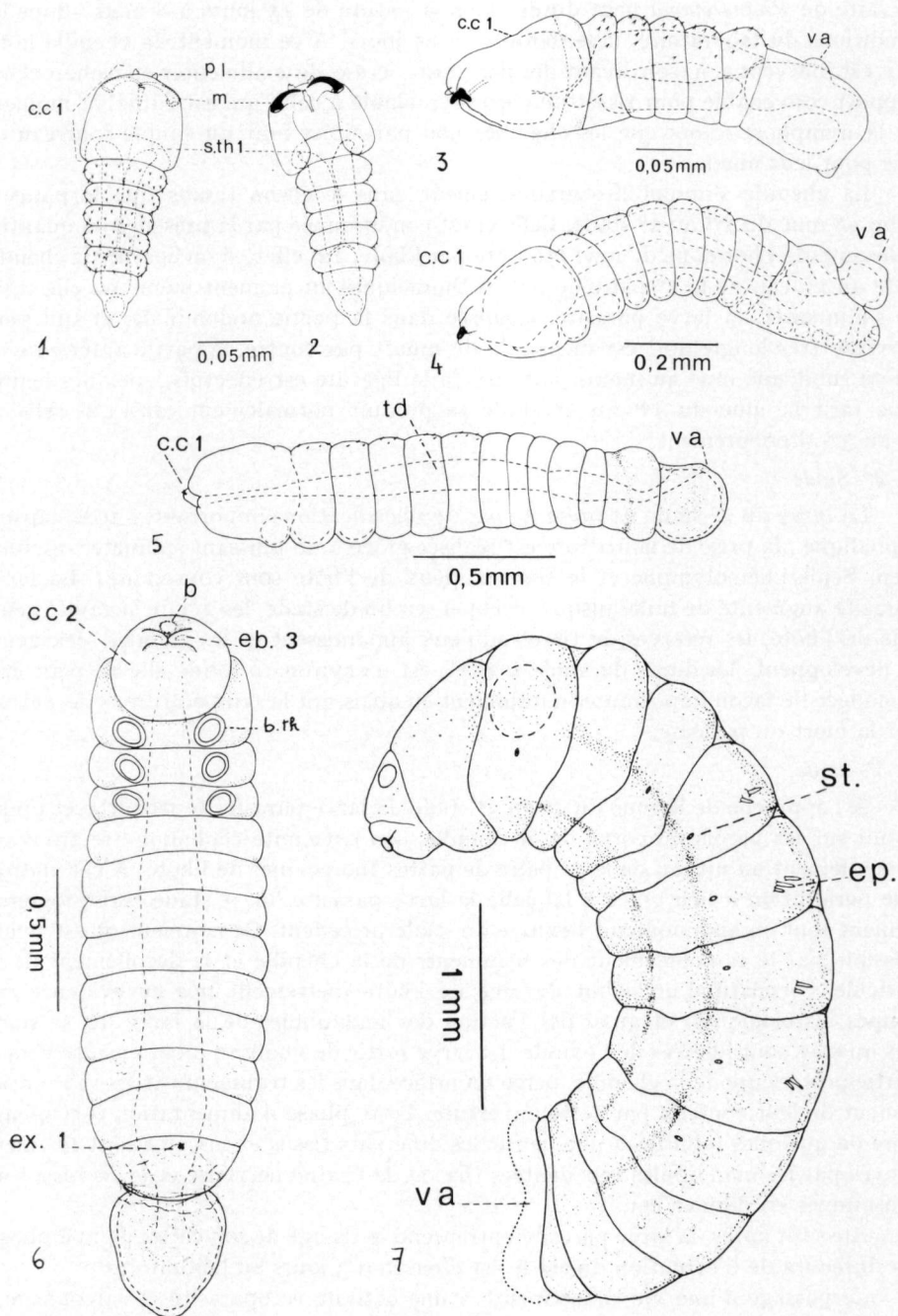
Le premier stade de *Phanerotoma* est celui dont la durée peut varier le plus car il est susceptible d'entrer en quiescence en même temps que l'hôte. Cette faculté existe pour tous les stades d'*E. ceratoniae* dès que les conditions du milieu sont défavorables du point de vue climatique ou alimentaire. Dans cette mesure le 1^{er} stade de *P. flavitestacea* peut être considéré comme forme de résistance.

PLANCHE I

Évolution du stade larvaire à la température du laboratoire

1. Larve du 1^{er} stade à l'éclosion : vue dorsale.
2. Larve du 1^{er} stade à l'éclosion : vue ventrale.
3. Larve du 1^{er} stade âgée de 15 jours : vue latérale.
4. Larve du 1^{er} stade âgée de 25 jours : vue latérale.
5. Larve du 1^{er} stade en fin d'évolution (30-35 jours) vue latérale.
6. Larve du 3^e stade : vue ventrale.
7. Larve du 3^e stade : vue latérale.

- b. : bouche.
- b. th. : bourrelets thoraciques.
- c. c. 1 : capsule céphalique du 1^{er} stade.
- c. c. 2 : capsule céphalique du 2^e stade.
- eb. 3 : ébauches des mandibules du 3^e stade.
- ep. : épines tégumentaires dorsales.
- ex. : exuvie du 1^{er} stade.
- m. : mandibules.
- Pl. : palpes labiaux.
- st. : stigmates.
- s. th. 1 : 1^{er} segment thoracique.
- td. : tube digestif.
- va. : vésicule anale.



PL. I

Du fait de la bonne corrélation existant entre l'hôte et le parasite, le 1^{er} stade larvaire de *Phanerotoma* peut durer, dans la nature de 15 jours à 8 mois ; dans les conditions du laboratoire, il se déroule en 25 jours. A ce moment, la chenille hôte, qui est parvenue à son avant-dernier stade, cesse de s'alimenter et recherche un support convenable pour tisser un cocon semblable à celui qui est édifié au moment de la nymphose (alors que les chenilles non parasitées font un simple fourreau de soie pour leur mue).

La chenille s'immobilise graduellement dans le cocon tandis que le parasite subit sa mue du 1^{er} au 2^e stade. Celle-ci est conditionnée par la présence en quantité suffisante de l'hormone de mue produite par l'hôte. En effet, si on ligature la chenille hôte au niveau de la 3^e paire de pattes thoraciques au moment même où elle cesse de s'alimenter, la larve parasite, localisée dans la partie abdominale, et qui peut survivre très longtemps, est incapable de muer ; par contre, la partie antérieure de l'hôte subit une mue au moins partielle. Si la ligature est effectuée quelques heures plus tard la mue du 1^{er} au 2^e stade se produit normalement ainsi que celle du 2^e au 3^e ultérieurement.

b) 2^e Stade.

La larve du 2^e stade ne présente pas de sclérifications importantes de la capsule céphalique ; la prise de nourriture est réalisée grâce à un puissant sphincter œsophagien. Seuls l'hémolymphe et le tissu adipeux de l'hôte sont consommés. La larve parasite augmente de taille jusqu'à occuper, en fin de stade, les 2/3 de la cavité générale de l'hôte, les réserves de tissus adipeux apparaissent et les glandes séricigènes se développent. La durée du stade à 25 °C est d'environ 10 jours, elle ne peut être prolongée de façon importante (notamment en abaissant la température) sans entraîner la mort du parasite.

c) 3^e Stade.

A l'approche de la mue du 2^e au 3^e stade, la larve parasite se recourbe et prend appui sur les parois du corps de la chenille, son extrémité céphalique se trouvant généralement au niveau de la 3^e paire de pattes thoraciques de l'hôte. A cet endroit une perforation a lieu grâce à laquelle la larve parasite du 3^e stade sort progressivement tout en abandonnant l'exuvie du stade précédent. Ce mouvement est rendu possible par le ramolissement des téguments de la chenille et le décollement de la cuticule, corrélatif d'un début de mue de l'hôte (nettement mis en évidence sur coupes histologiques) et aussi par l'action des mandibules de la larve du 3^e stade dès qu'elles sont libérées de l'exuvie. La larve sortie de l'hôte se rabat ensuite vers la partie postérieure de la chenille, perce un orifice dans les téguments et les vide entièrement de leur contenu par cette ouverture. Cette phase d'alimentation sarcophage dure de quelques minutes à une heure, les différents tissus et viscères sont finement broyés par les mandibules très dentées (fig. 1), la chaîne nerveuse et le cerveau sont consommés en dernier lieu.

Aussitôt après, la larve parasite entreprend le tissage de son cocon de nymphose. La durée totale d'évolution du stade est d'environ 3 jours au laboratoire.

Ce passage d'une vie endoparasite à une activité ectoparasite et sarcophage a été signalé par VANCE dès 1932 chez *Chelonus annulipes* WESM., mais nous en donnons pour la première fois une interprétation physiologique. Il nous a paru intéressant de déterminer dans quelle mesure cette séquence était indispensable au déve-

loppement normal de *Phanerotoma*. Si on sépare la larve parasite de son hôte avant le début de la phase sarcophage, et sous réserve qu'on lui fournisse un substrat favorable au tissage du cocon de nymphose ⁽¹⁾, on obtient des nymphes normales. Si, par la suite, on a soin d'humidifier régulièrement les logettes, on obtient des adultes légèrement plus petits que la normale et parfaitement féconds. Il ne nous est pas

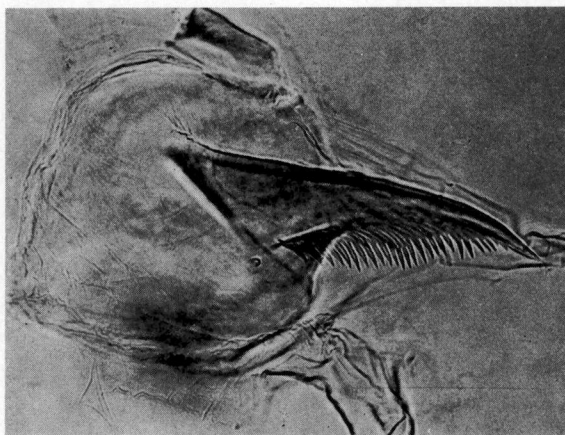


FIG. 1 — Mandibule de la larve de 3^{ème} stade (détails)

possible de donner actuellement une comparaison exacte de la longévité et de la fécondité des deux catégories d'adultes issus de larves ayant, ou non, effectué leur phase sarcophage, mais nous pouvons affirmer que cette dernière n'est pas absolument indispensable au développement du parasite. Par contre, il est tout à fait nécessaire que la larve du 3^e stade sorte du corps de la chenille. Des expériences réalisées avec d'autres hôtes de laboratoire (notamment *Galleria melonella*) ont montré que si le parasite restait à l'intérieur de son hôte il s'alimentait de la même manière que s'il était devenu ectophage, grossissait exagérément et finissait par mourir (asphyxie, rétention de soie...).

La sortie de la larve de *Phanerotoma* étant liée à la réalisation simultanée de la mue de l'hôte et de celle du parasite, on voit que cette coïncidence est obligatoire à la réalisation du développement complet du parasite.

L'ectophagie et la sarcophage ont pour conséquence de placer la larve du 3^e stade dans des conditions écologiques permettant le tissage du cocon, et de fournir à la nymphe un milieu favorable à son développement. Le rôle de régulateur d'humidité joué par le méconium larvaire emprisonné dans le double cocon hôte-parasite, paraît particulièrement important à cet égard.

d) Nymphe.

La nymphe ne présente pas de caractéristiques particulières, les yeux sont légèrement pigmentés dès l'exuviation. La différenciation des premiers ovocytes et la formation du tube digestif de l'imago ont lieu au moment où les yeux deviennent franchement noirs.

⁽¹⁾ — Les larves doivent être introduites dans des logettes ayant la dimension et la forme approximative du cocon de l'hôte et recouvertes d'un papier pelucheux.

La durée du développement nymphal à la température du laboratoire est d'une quinzaine de jours.

3. *Activité des adultes*

Peu après l'émergence, qui a lieu généralement entre 15 et 22 heures, les adultes manifestent un comportement phototropique positif pendant une période de 24 à 48 heures. Au cours de cette phase d'activité diurne, les insectes s'accouplent, s'alimentent et se dispersent, dans les conditions de la nature. Par la suite les *Phanerotoma* des deux sexes recherchent pendant la journée un abri obscur et humide qu'ils ne quittent qu'au crépuscule. Ce rythme d'activité persiste pendant toute la vie des insectes, sauf si la température s'élève à 25°C et si le support se déshydrate pendant la journée, ce qui entraîne une agitation désordonnée ; par contre, si un taux élevé d'hygrométrie est maintenu, une température de 28°C n'entraîne pas d'activité diurne.

L'accouplement, précédé d'une parade alaire du mâle autour de la femelle, dure une quinzaine de secondes ; chaque mâle peut féconder 2 ou 3 femelles au cours de sa vie mais chacune d'entre elles ne paraît copuler qu'une seule fois. Comme beaucoup d'hyménoptères, *P. flavitestacea* présente une parthénogenèse arrhénotoque, mais nous avons observé exceptionnellement une femelle vierge donnant une descendance du même sexe.

Les femelles sont aptes à pondre après une courte période de maturation de quelques jours (2 au minimum). La prospection des œufs de l'hôte est accompagnée de vibrations rapides des antennes qui sont ensuite utilisées pour explorer la surface du chorion ; elles se redressent ensuite pendant la pénétration de la tarière (fig. 2).

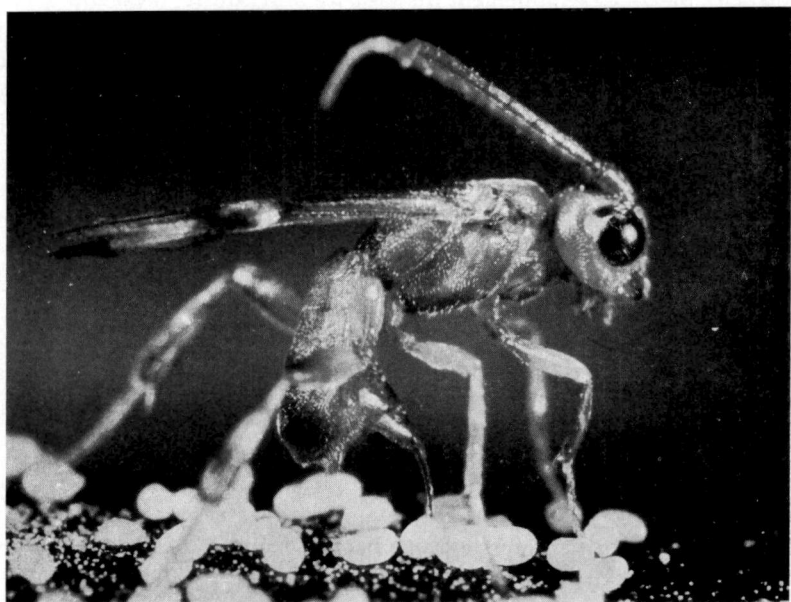


FIG. 2 — *Phanerotoma flavitestacea* FISCH. Femelle pondant dans les œufs d'*Anagasta kühniella*

La ponte dure en moyenne 60 secondes et, dès qu'un œuf est émis, la pondeuse part à la recherche d'un nouvel hôte. Les femelles sont capables de reconnaître un œuf déjà parasité et évitent en général d'y pondre à leur tour. Les œufs déposés dans des embryons d'hôtes âgés de 12 h au moins et de 4 jours au plus, donnent toujours des descendants.

L'ovaire pair, du type méroïstique polytrophique possède deux longues gaines ovariques de chaque côté (exceptionnellement au total 5) et présente à l'éclosion des calices gonflés d'ovocytes mûrs. S'il n'y a pas d'hôtes disponibles les œufs peuvent rester stockés sans subir de dégénérescence et les nouveaux ovocytes mûrs produits s'entassent à la base des gaines ovariques qui se distendent. C'est seulement après quinze jours de rétention, à la température du laboratoire, qu'apparaissent les phénomènes de dégénérescence ; ils restent limités aux œufs chorionnés et n'affectent jamais les ovocytes.

Le nombre d'œufs susceptibles d'être pondus chaque jour varie en fonction des facteurs écologiques et notamment de la température dont l'élévation augmente la capacité journalière de ponte mais réduit la longévité des femelles.

A une température constante de 28°C, la ponte quotidienne peut atteindre au maximum 100 œufs tandis qu'à 18°C, elle est réduite à 10. La longévité des mâles est en moyenne plus réduite que celle des femelles (une quinzaine de jours en moins à la température du laboratoire où la longévité maximale observée a été de 150 jours).

II. — MISE AU POINT D'UN ÉLEVAGE PERMANENT

L'expérimentation préalable à tout essai rationnel de lutte biologique, exige que l'on puisse avoir, à tout moment, un nombre suffisant d'entomophages, et par conséquent que l'on dispose d'un élevage permanent. La technique employée pour la mise au point d'un tel élevage doit être telle qu'on puisse facilement augmenter son rendement pour atteindre une production de masse souvent nécessaire à l'expérimentation écologique à grande échelle et à l'application pratique proprement dite. La première condition est évidemment de réaliser dans les meilleures conditions possibles l'élevage permanent d'un insecte hôte favorable. Dans le cas qui nous intéresse les connaissances sur l'hôte habituel *E. ceratoniae* étaient suffisantes (GOTHILF, 1964) pour qu'on puisse envisager une production permanente, mais il nous a paru préférable de nous adresser à une espèce de manipulation plus commode. Parmi les Lépidoptères de la sous-famille des *Phycitinae* qui ont été offerts comme hôtes de remplacement à *P. flavitestacea*, plusieurs espèces ont permis un développement normal, notamment *Phodia interpunctella* HBN, *Ephestia cautella* WALK., *E. elutella* HBN. et *Anagasta kuhniella* ZELL. Cette dernière espèce ayant montré une excellente corrélation physiologique avec *Phanerotoma* et étant facile à élever au laboratoire, c'est sur elle que s'est arrêté notre choix.

1. Élevage d'*A. kuhniella*

A. kuhniella est élevé au laboratoire sur semoule de blé dur à raison de 750 à 800 œufs pour 500 grammes d'aliment. La durée du développement est de l'ordre de 50 jours lorsqu'on observe une thermopériode de 12 h à 18°C et 12 h à 25°C. Dans ces conditions l'état sanitaire s'est toujours maintenu de façon satisfaisante.

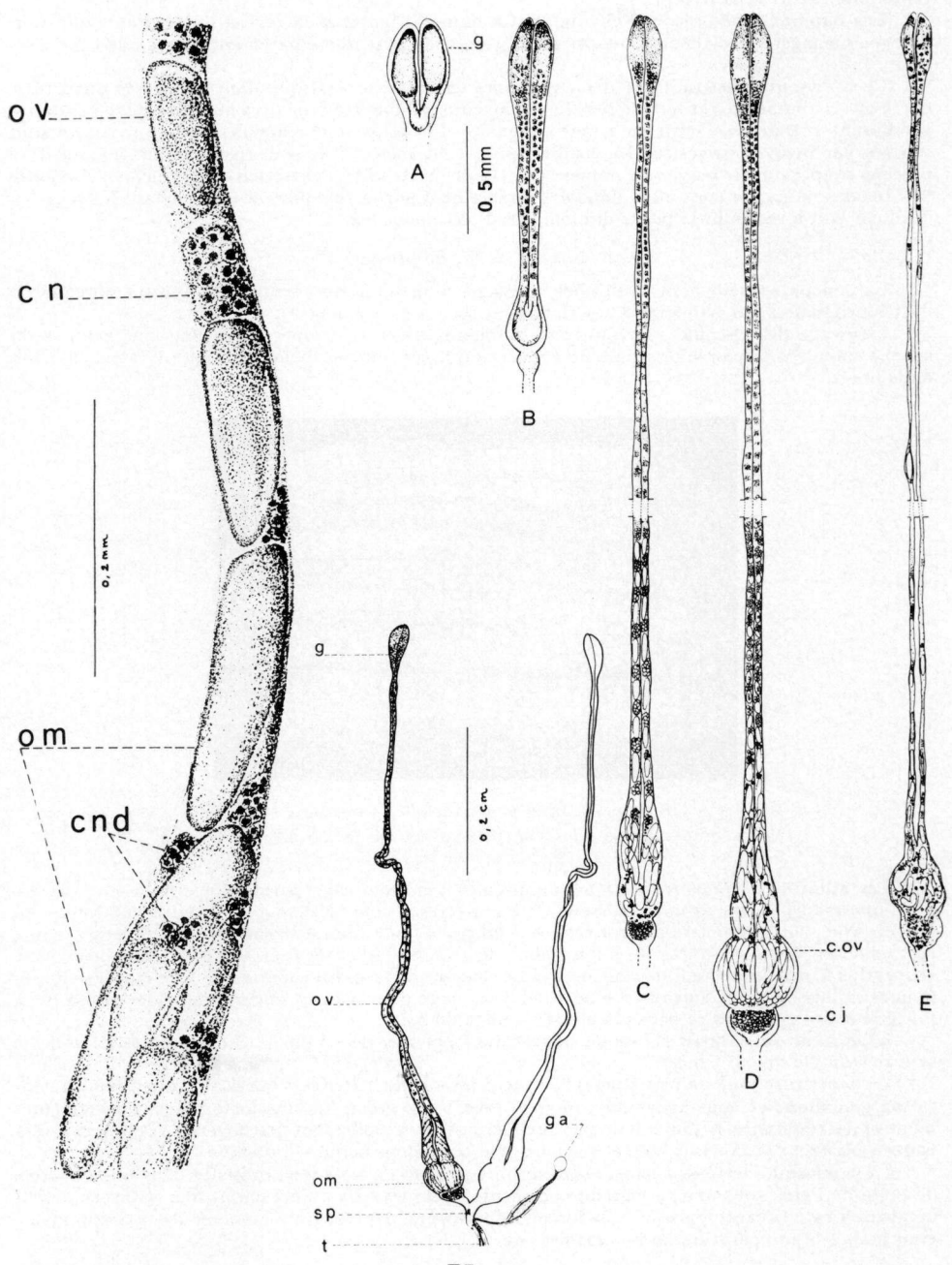
PLANCHE II

Appareil génital femelle

1. Schéma de l'appareil génital d'une jeune femelle.
2. Aspect d'un fragment d'ovariole au niveau antérieur du calice de l'ovaire.
3. A à E : Schémas montrant l'évolution d'un ovaire :
 - A — Ébauche d'un ovaire dans une prénymphe de 4 jours après la phase sarcophage.
 - B — Ovaire de la nymphe, 5 à 6 jours après la fin du tissage. Remarquer les premiers ovocytes.
 - C — Ovaire de la nymphe 5 ou 6 jours avant l'éclosion.
Longueur : environ 5 mm.
 - D — Ovaire de la femelle, 6 heures après l'éclosion.
Longueur : environ 9 à 10 mm.
 - E — Ovaire d'une pondeuse âgée de 77 jours (540 descendants)

Longueur : environ 6 à 7 mm.

- c. j. : corps jaune.
- c. n. : cellules nourricières.
- c. n. d. : cellules nourricières dégénérées.
- c. ov. : calice de l'ovaire.
- g. : germarium.
- ga. : glande annexe.
- o. : ovocyte.
- om. : œufs mûrs.
- ov. : ovarioles.
- sp. : spermathèque.
- t. : tarière.



PL. II

Les récipients d'élevage utilisés sont des boîtes de matière plastique transparente de 2 l. environ ⁽¹⁾ et des bandelettes de carton ondulé sont disposées dans la semoule à raison de 6 ou 7 par boîte pour favoriser la nymphose.

Les papillons sont récoltés chaque matin dans les boîtes d'élevage à l'aide d'un aspirateur de type ménager, spécialement adapté à cet usage ; ils sont immédiatement placés dans des pondoirs.

Ceux-ci sont constitués par des entonnoirs en matière plastique dont la grande ouverture, de 25 cm de diamètre, est fermée par du grillage inoxydable à maille de 1 mm de côté. 800 adultes produisent 1 gramme d'œufs en 2 nuits de ponte. Les œufs sont recueillis chaque matin et sont séparés par lavages successifs des écailles qui y sont mêlées : ils sont ensuite étalés à l'aide d'un pinceau souple sur des feuilles de papier noir. Ils serviront soit à l'entretien de la souche d'*Anagasta* (les bandes de papier sont alors déposées directement sur la semoule, la face portant les œufs en dessous), soit à recueillir la ponte des femelles de *Phanerotoma*.

2. Élevage de *P. flavitestacea*

La souche actuellement multipliée provient d'un lot d'une centaine d'adultes obtenus de dattes originaires des palmeraies algériennes et reçues en 1962-63 ⁽²⁾.

L'élevage des chenilles parasitées se déroulant dans les mêmes conditions que celui de la souche saine ⁽³⁾, la partie originale ne concerne que les adultes et la technique d'infestation des œufs hôtes.

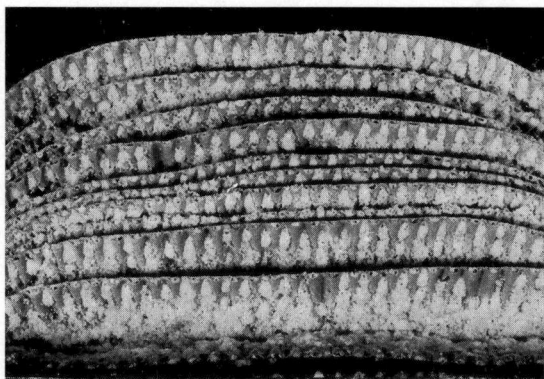


FIG. 3. — Élevage des chenilles parasitées
Cocons de nymphose dans une boîte d'élevage (1 000 à 1 500 cocons)

Les adultes de *Phanerotoma* sont maintenus dans une cage parallélépipédique en matière plastique transparente (d'une épaisseur de 4 mm), d'un volume de 0,5 m³ environ, et haute de 60 cm. Pour leur permettre de trouver les conditions favorables à la satisfaction de leur rythme nycthémeral, deux cylindres de papier noir, de 10 cm de diamètre et 30 cm de longueur sont suspendus à une quinzaine de centimètres au-dessous de la paroi supérieure. Une ou plusieurs éponges imbibées d'eau sont placées au fond de la cage pour assurer une hygrométrie suffisante à l'intérieur des cylindres et permettre aux adultes de boire.

L'aération est assurée par deux ouvertures opposées de 30 cm × 8 cm garnies de toile de bronze à maille fine (0,5 mm).

La nourriture joue un rôle particulièrement important : *P. flavitestacea* a besoin d'une alimentation glucidique et nous avons déjà montré avec VAGO (1966) qu'une forte teneur en sucre augmentait la résistance à l'infection par des germes éventuellement pathogènes comme *Serratia marcescens* Bizio et pouvait même jouer un rôle curatif en début d'infection.

C'est pourquoi les *Phanerotoma* sont approvisionnés en miel pur, présenté dans un couvercle de boîte de Petri, sous une éponge fine percée de quelques trous. Ceci paraît leur assurer une alimentation satisfaisante puisque leur longévité moyenne dépasse 90 jours avec des maximums de cinq mois à la température du laboratoire (fig. 4).

⁽¹⁾ — Bacs pour réfrigérateurs en polystyrène de 260 × 85 mm. Réf. 3013 des Ets Mino-Gaillard.

⁽²⁾ — Nous remercions MM. GERBINOT et SCOTTO LA MASSSESE qui ont effectué cet envoi.

⁽³⁾ — Pour 500 g de semoule on peut mettre entre 800 et 1 000 œufs parasités.

Les œufs d'*Anagasta* collés à l'eau par groupe de 700 à 800, disposés en lignes parallèles sur des cartons de papier noir de 10 × 4 cm, sont introduits chaque jour vers 17-18 h dans la cage des *Phanerotoma* ; ils en sont retirés le lendemain matin.

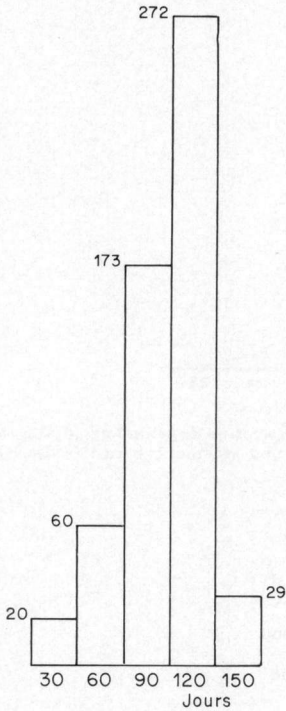


FIG. 4.

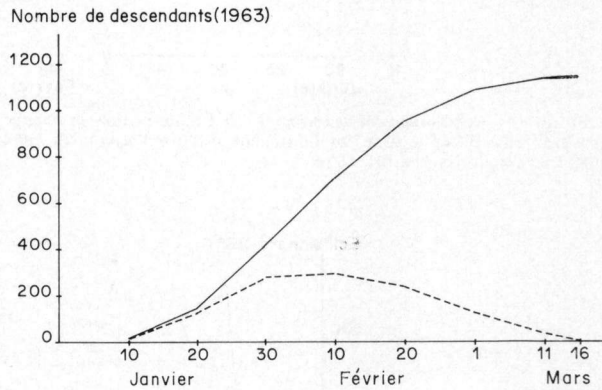


FIG. 5.

FIG. 4. — Durée de vie en élevage au laboratoire d'une population de 554 *Phanerotoma*

FIG. 5. — Descendance d'une femelle de *Phanerotoma*, contrôlée par l'apparition des adultes

..... Éclosions journalières
 ——— Éclosions cumulatives

Le nombre d'œufs offerts au parasitisme dépend de la population de la cage de façon à éviter le superparasitisme.

Bien qu'elles soient capables de reconnaître les œufs déjà parasités, les femelles arrivent, lorsqu'elles ont été privées d'hôtes ou qu'elles sont âgées, à pondre plusieurs fois dans le même œuf d'*A. kühniella*. Lorsque le nombre d'œufs du parasite dépasse 4 ou 5, il y a mort de l'embryon hôte, au-dessous de ce nombre le développement se poursuit, mais un seul *Phanerotoma* survit dans chaque hôte.

Dans la pratique on peut obtenir que tous les œufs soient parasités sans dépasser 10 p. 100 de superparasitisme, on n'a pas intérêt à conserver des femelles pondeuses au-delà de 70 jours de vie.

Le nombre moyen de descendants d'une femelle peut atteindre, dans les conditions de cet élevage, 600 environ ; la figure 5 donne la descendance d'une femelle isolée repérée par les dates d'éclosion des adultes fils.

Pour un lot d'œufs parasités à une même date on observe un échelonnement des éclosions d'adultes du parasite portant sur environ 1 mois, mais avec un groupement important sur les quinze premiers jours. Ceci permet une bonne prévision de la production même lorsqu'on n'opère pas dans des conditions rigoureusement constantes de température (fig. 6).

Pour une même température on obtient un meilleur groupement des éclosions si on humecte le milieu d'élevage (fig. 7) ; toutefois cette pratique complique les manipulations et présente également des inconvénients ; il vaut mieux utiliser la semoule seule, à condition de maintenir le

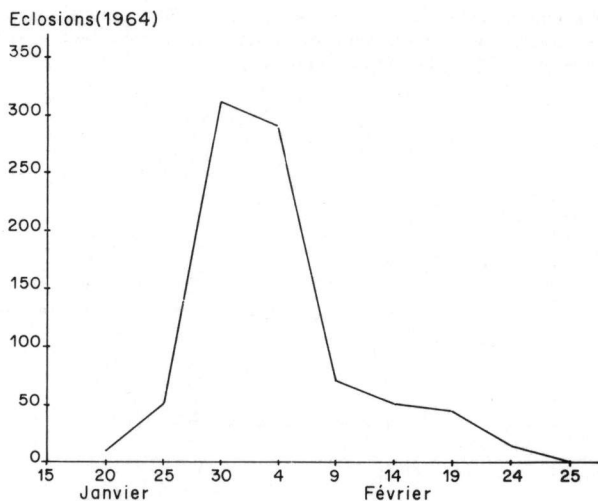


FIG. 6. — Échelonnement des éclosions de *Phanerotoma* en élevage, à température du laboratoire (établi sur 840 individus obtenus d'un lot homogène d'œufs d'*Anagasta kühniella* uniformément parasités dans la nuit du 15 au 16 novembre 1964)

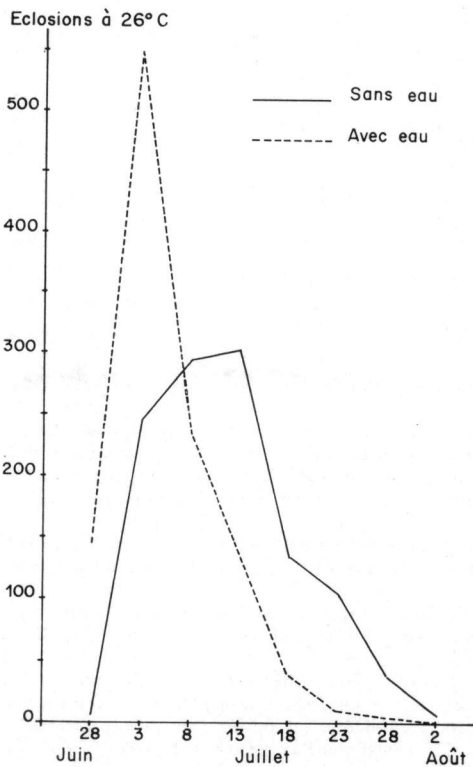


FIG. 7. — Modification du milieu d'élevage de l'hôte et répercussion sur les éclosions de *Phanerotoma* (obtenues d'œufs d'*Anagasta kühniella* sensiblement de même âge et uniformément parasités)

degré hygrométrique des compartiments d'élevage au-dessus de 50 p. 100. (Il n'y a pas intérêt à chercher à augmenter le nombre d'œufs par boîte d'élevage, car la surpopulation entraînerait facilement des développements de germes pathogènes.)

Dans les conditions indiquées on peut, avec une seule cage de ponte, obtenir facilement une production quotidienne de 2.000 *Phanerotoma* pour une durée de manipulation ne dépassant pas 2 à 3 heures par jour pour une personne et une production de masse beaucoup plus importante peut rapidement être mise sur pied.

CONCLUSION

Grâce aux connaissances acquises sur la biologie de *P. flavitestacea* nous avons pu réaliser un élevage permanent de cet entomophage qui se poursuit depuis plus de 5 ans.

Un tel élevage peut facilement être utilisé pour développer la lutte biologique contre *E. ceratoniae* dans les différents biotopes où ce ravageur se multiplie. Les envois doivent être prévus à échéance de 70 jours. De plus, il permet de disposer aisément au laboratoire, et à peu de frais, d'un nombre important de parasites pouvant être utilisés pour différents types d'expérimentation ; *P. flavitestacea* peut donc constituer un très intéressant animal de laboratoire.

Reçu pour publication en août 1969.

SUMMARY

BIOLOGY OF *PHANEROTOMA FLAVITESTACEA* FISCHER (HYM. BRACONIDAE).
IMPROVEMENT OF A METHOD OF PERMANENT MASS BREEDING TOWARDS BIOLOGICAL CONTROL
OF « *ECTOMYELOIS CERATONIAE* » ZELL.

From a survey of parasites and predators of *Ectomyelois ceratoniae* ZELL. in the western part of the mediterranean basin, it was established that *Phanerotoma flavitestacea* FISCHER was the most promising species to promote a program of biological control of the pest. The biology of the Braconid has been studied and the larval stages figured.

Phanerotoma flavitestacea is an ovo-larval parasite : the two first instars develop internally and the third instar becomes ectophagous and consumes the entire content of the host larva.

There is a very good correlation between the development of the host and that of the parasite, the first instar of *P. flavitestacea* being able to follow any arrest of development of *Ectomyelois* and the caterpillars being always killed on their penultimate stage.

The molts of the parasitic larva are induced by hormonal production by the host and emergence of the third instar is correlated with an attempted ecdysis of the caterpillar.

The sarcophagous phase of the parasite development is not obligatory to obtain normal adults able to lay fertile eggs, it is more important to obtain good ecological conditions for the development of the pupa than to ensure a sufficient amount of nutrients.

A simple method of laboratory breeding is described using *Anagasta kühniella* as host. It permits easily to obtain large numbers of the parasite. It is possible to plan the masse culture of *P. flavitestacea* to be liberated against *E. ceratoniae*. Moreover, *P. flavitestacea* is a very interesting material to study physiological aspects of insect parasitism in the laboratory.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BILIOTTI E., VAGO C., DAUMAL J., 1966. Une épizootie bactérienne dans un élevage de masse de l'entomophage *Phanerotoma flavitestacea* FISCHER. (Hym. Braconidae). C. R. 90^e Congr. Soc. Sav., Nice 1965, 2, 495-500.
- CARRERO J. M., 1966. La « barreneta del naranjo » (*Ectomyelois ceratoniae* ZELL.), ecología y medios de lucha. Bol. Patol. veg. Entomol. agric., 29, 317-366.

- DELIASSUS M., LEPIGRE A., 1935. Application aux dattes algériennes des méthodes de désinfection. Office algérien d'action économique et touristique. *Compte-rendu général des « Journées du dattier »* 13-17 nov. 1933.
- FISCHER M., 1959. Neue und wenig bekannte Braconiden aus Jugoslaven. *Acta Mus. Mac. Sci. Nat.*, **6**, 1-25.
- GOTHILF S., 1964. Studies on the biology of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* (ZELL). *The Volcani Institute of Agricultural Research*, Rehovot, Israel, *Spec. Bull.* n° 76.
- GOTHILF S., 1969. Natural enemies of the Carob moth *Ectomyelois ceratoniae* ZELLER. *Entomophaga*, **14**, 195-202.
- LEPIGRE A., 1961. Aspects scientifiques et pratiques de la lutte contre le ver des dattes. *Journées de la Datte*, 3-4 mai. (Publication de la Délégation générale du gouvernement en Algérie).
- LEPIGRE A., 1963. Essais de lutte sur l'arbre contre la Pyrale des Dattes. *Ann. Epiphyties*, **14**, 85-101.
- MINEO G., 1967. La *Myelois ceratoniae* ZELL. infesta anche le olive. 7° Conf. F. A. O. sur la lutte contre les ravageurs et les maladies de l'olivier, Palerme, 2-9 mai.
- VANCE A. M., 1932. The biology and morphology of the braconid, *Chelonus annulipes* WESM., a parasite of the European Corn borer. *U.S.D.A., Techn. Bull.* 294, 48 pp.
- WERTHEIMER M., 1958. Un des principaux parasites du palmier dattier algérien : le *Myelois decolor* ZELL. *Fruits*, **13**, 8.
-

LES ENTOMOPHAGES
DE *PARLATORIA BLANCHARDI* TARG.
DANS LES PALMERAIES
DE L'ADRAR MAURITANIEN

II. — ÉTUDE D'UN PARASITE DE « COCCINELLIDAE, GREGARINA KATHERINA » WATSON

Y. LAUDÉHO*, R. ORMIÈRES** et G. IPERTI

avec la collaboration technique de J. BRUN

*Institut français de Recherches fruitières d'Outre-Mer,
6 rue du Général-Clergerie, 75 - Paris (16^e)

**Équipe de Recherches de Protistologie du C. N. R. S.,
Faculté des Sciences, 34 - Montpellier

Station de Recherches de Lutte biologique et de Zoologie,
Centre de Recherches d'Antibes
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

Des études ont été entreprises en Adrar mauritanien sur les possibilités d'introduction de *Coccinellidae* pour lutter contre la cochenille du palmier-dattier, *Parlatoria blanchardi*.

Les larves et les adultes des Coccinelles indigènes (*Pharoscyrnus* sp.) renferment souvent un parasite intestinal ; il s'agit d'un protozoaire du genre *Gregarina*. Cette grégarine exerçant une action spoliatrice sur la fécondité et la longévité de ses hôtes, il était nécessaire de connaître l'importance du rôle qu'elle peut jouer dans l'implantation des Coccinelles introduites.

Dans ce but, on a précisé : les connaissances acquises à ce jour sur les grégarines parasites de Coccinelles, la position systématique de l'espèce d'Atar, enfin son rôle à l'égard de ses différents hôtes possibles.

INTRODUCTION

Au cours des études entreprises dans les palmeraies voisines d'Atar (République islamique de Mauritanie), une attention particulière a été portée aux différents facteurs climatiques ou biologiques susceptibles de s'opposer au développement des ennemis naturels de la Cochenille *Parlatoria blanchardi* TARG. (IPERTI et LAUDÉHO, 1969).

Parmi ceux-ci, un sporozoaire parasite intestinal appartenant au genre *Gregarina* a été très fréquemment rencontré chez les larves et les adultes des coccinelles indigènes (*Pharoscyrnus* sp.). L'importance de l'action spoliatrice qu'il exerce sur son

hôte nous a paru justifier une étude biologique et écologique, afin de préciser le rôle éventuel de cette grégarine à l'égard des espèces introduites.

Après avoir passé en revue les connaissances acquises à ce jour sur les grégarines parasites de Coccinelles et proposé une identification de l'espèce rencontrée à Atar, nous cherchons à évaluer le rôle de ce parasite chez les différents hôtes qu'il peut ou pourra rencontrer en Mauritanie.

I. — LES GRÉGARINES PARASITES DE COCCINELLES

I. La famille des *Gregarinidae* ⁽¹⁾ comprend, entre autres, le genre *Gregarina* qui groupe plus de 200 espèces. Certaines d'entre elles sont inféodées aux *Coccinelidae* ; les auteurs en signalent huit, à savoir :

— *Gregarina fragilis* (WATSON, 1915) parasite de *Coccinella* sp. en Illinois (WATSON, 1916) et de *C. trifasciata* L. (LIPA, 1968) en Californie.

— *Gregarina barbarara* (WATSON, 1915) chez *Coccinella* sp. (WATSON, 1916) et *Adalia 2 punctata* L. (WATSON, 1917) en Illinois ; chez *Coccinella trifasciata* L., *Hippodamia convergens* GUÉRIN, *H. sinuata* M. (LIPA, 1968) en Californie.

— *Gregarina chilocori* (OBATA, 1953) parasite de *Chilocorus rubidus* HOPE du Japon (OBATA, 1953).

— *Gregarina straeleni* (THÉODORIDES et JOLIVET, 1959) trouvée au Congo belge chez diverses espèces de *Solanophila* et d'*Epilachna* (THÉODORIDES et JOLIVET, 1959).

— *Gregarina katherina* (WATSON, 1915) rencontrée chez *Coccinella 9 notata* HERBST. (WATSON, 1916) ; chez *Coccinella bruckii* MULS. du Japon (HOSHIDE, 1951) ; chez *Coccinella californica* MANN et *C. trifasciata* L. de Californie (LIPA, 1968).

— *Gregarina coccinellae* (LIPA, 1967) signalée en Pologne (et d'après LIPA en Silésie par FOERSTER, 1938, sous le nom de *G. barbarara*) chez *Coccinella septempunctata* L., *Hippodamia tredecimpunctata* L., *Myrrha octodecimpunctata* L., *Exochomus quadripustulatus* L. et *Tytthaspis sedecimpunctata* L.

— *Gregarina ruskowskii* (LIPA, 1967) en Pologne (et d'après LIPA en Silésie sous le nom de *G. katherina* par FOERSTER, 1938) parasitant *Coccinella quinque-punctata* L., *C. quatuordecimpunctata* L. et *C. septempunctata* L.

— *Gregarina californica* (LIPA, 1968) chez les *Coccinella californica* MANN de Californie.

En France, les Grégarines observées chez les *Coccinellini* aphidiphages (IPERTI, 1964) paraissent appartenir à *Gregarina katherina* WATSON. Cela augmenterait sensiblement le nombre des hôtes possibles de ce parasite (*Coccinella 7 punctata* L., *C. 10 punctata* L., *Adonia 11 notata* SCHNEID., *A. variegata* GOEZE, *Harmonia 14 punctata* L., *H. globata* L., *Adalia 2 punctata* L. et *Exochomus flavipes* THUMB.).

A ce jour, seuls DELUCCHI (1954) en Suisse et SEZER (1969) en France signalent l'existence de Grégarines chez des *Coccinellidae* appartenant à la tribu des *Scymnini* (*Pullus impexus* MULS. et *Scymnus* (S.) *apetzi* MULS.).

(1) Parmi les *Gregarinidae*, les Eugrégarines se caractérisent par un développement extra-cellulaire, une épimérite simple. Chez elles l'association des individus s'avère toujours précoce, le gamétokyste est déhiscent par sporoducte et les sporocystes doliformes sont expulsés en chaîne.

II. — POSITION SYSTÉMATIQUE DE L'ESPÈCE D'ATAR

Au laboratoire d'Atar, de nombreuses coccinelles indigènes furent disséquées (*Pharoscymnus anchorago* F., *Pharoscymnus semiglobosus* KARSCH., *Chilochorus distigma* KLUG. et *Exochomus nigripennis* E. R.). A l'exception de *C. distigma*, toutes ces espèces prédatrices recèlent fréquemment une Grégarine intestinale (voir cycle : fig. 1). L'étude morphologique du parasite s'effectue à partir de frottis d'intestins

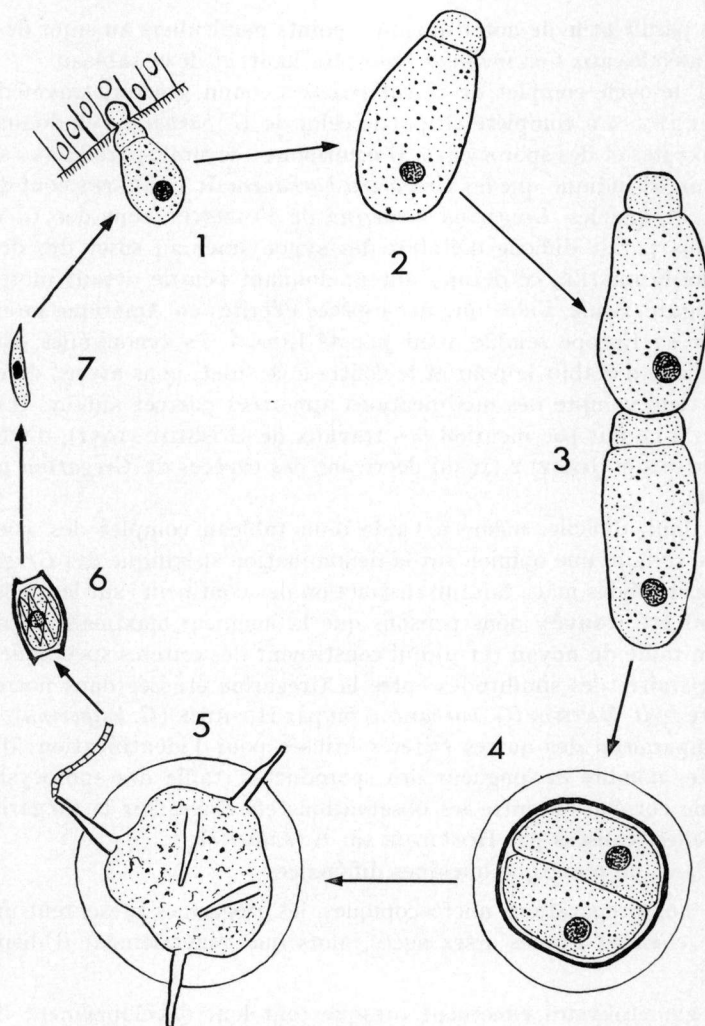


FIG. 1. — Cycle schématisé de Gregarinidae

1. Stade jeune fixé à une cellule intestinale par l'épimérite ; 2. Après la chute de l'épimérite, stade libre dans la lumière intestinale ; 3. Association ; 4. Gamétokyste expulsé ; 5. Libération des sporocystes par des sporoductes ; 6. Sporocystes à 8 sporozoïtes, qui sera avalé par un nouvel hôte ; 7. Sporozoïte libéré dans l'hôte par ouverture du sporocyste sous l'action du suc intestinal. Il va se piquer à une cellule et donner le stade 1.

colorés à l'hémalun de Masson. On la complète par la recherche et l'observation des gamétokystes contenus dans les excréments des Coccinelles. En effet, dans l'état actuel des connaissances, les dimensions des différents stades de développement d'une *Gregarina* interviennent seuls dans sa détermination.

Dans ce genre, on note le plus souvent la présence d'un épimérite en bouton sphérique ; par contre, les formes végétatives peuvent présenter des aspects variables au sein d'une même espèce.

Le tableau 1 permet de comparer les principales mensurations et les caractéristiques morphologiques des *Gregarina* connues à ce jour à celles du parasite étudié à Atar.

Il nous paraît utile de noter quelques points particuliers au sujet de la liste des *Gregarina* inféodés aux *Coccinellidae* (voir plus haut) et de ce tableau :

— seul, le cycle complet de *G. katherina* est connu, grâce au travail de HOSHIDE (1951.) LIPA (1968) a complété en partie celui de *G. barbarara* en donnant la taille des gamétokystes et des sporocystes. Il mentionne « several sporoducts » sans donner leur longueur. Il indique que les *Gregarina barbarara* de FOERSTER sont des *G. coccinellae* LIPA et que les *Gregarina katherina* de FOERSTER sont des *G. ruszkowskii* LIPA. Il nous paraît difficile d'établir des synonymies au sujet des deux espèces signalées par FOERSTER, ce dernier auteur donnant peu de détails morphologiques et aucune figure. Seule, l'idée que des espèces décrites en Amérique ne doivent pas se retrouver en Europe semble avoir poussé LIPA à ces synonymies. Étant donné qu'il est difficile d'établir le pour et le contre à ce sujet, nous avons, dans la liste et le tableau, tenu compte des modifications apportées par cet auteur. Il est à noter toutefois qu'il ne fait pas mention des travaux de HOSHIDE (1951), d'OBATA (1953) et THÉODORIDES et JOLIVET (1959) décrivant des espèces de *Gregarina* parasites de *Coccinellidae*.

Il est donc difficile, même à l'aide d'un tableau complet des connaissances actuelles, de se faire une opinion sur la dénomination spécifique des *Gregarina* parasites des Coccinellides mais, faisant abstraction des continents sur lesquels ces divers parasites ont été trouvés, nous pensons que la longueur maximale des associations (250 μ) et la taille du noyau (11 μ) qui constituent des critères spécifiques essentiels laissent apparaître des similitudes entre la Grégarine étudiée dans notre travail et celles décrites par WATSON (*G. barbarara*) ou par HOSHIDE (*G. katherina*).

La comparaison des autres critères utilisés pour l'identification (diamètre du gamétokyste, nombre et longueur des sporoductes, taille des sporocystes) permet d'établir une corrélation entre les observations effectuées sur la grégarine obtenue à Atar et celles réalisées par HOSHIDE sur *G. katherina*.

Cependant, on remarque quelques différences :

— sur nos préparations microscopiques, les grégarines présentent un épimérite flétri même chez les formes assez âgées, alors que généralement il disparaît assez rapidement ;

— les gamétokystes effectuent presque tout leur développement dans l'hôte. En effet, on observe dans les gamétokystes contenus dans la lumière intestinale de la Coccinelle, des sporoductes invaginés et des sporocystes totalement formés ; l'émission de sporocystes peut donc intervenir dès le rejet du gamétokyste hors de l'hôte ;

TABLEAU I

Comparaison des dimensions des Gregarina déjà connues
et de celles de l'espèce étudiée à Atar

Genre <i>Gregarina</i>	Auteur de l'étude	Longueur max. des associations (en microns)	Taille des noyaux (en microns)	Diamètre des gamétokystes (en microns)	Nombre de sporoductes	Longueur des sporoductes (en microns)	Taille des sporocystes (en microns)
<i>G. chilochoi</i>	OBATA	113	13	?	?	?	?
<i>G. barbarara</i>	WATSON LIPA	283	10	?	?	?	?
		254	?	200	<i>several</i>	?	10-12
<i>G. katherina</i>	HOSHIDE LIPA	290	9	80	1 à 4	30	7-10
		166	?	?	?	?	?
<i>G. fragilis</i>	WATSON LIPA	208	10	?	?	?	?
		227	?	200	?	?	?
<i>G. straeleni</i>	THEOD-JOL.	400	20	175-200	?	?	?
<i>G. californica</i>	LIPA	352	20	?	?	?	?
<i>G. coccinellae</i>	LIPA	341	?	115	?	?	12
<i>G. ruszkowskii</i>	LIPA	180	?	100	6	?	?
<i>G. étudiée à Atar</i>		250	11	75 à 88	5	28-30	8 à 9

— les cinq sporoductes invaginés dans le gamétokyste ne deviennent pas tous fonctionnels lors de l'émission des sporocystes : le nombre de sporoductes utilisés lors de la déhiscence varie de 1 à 4. (A ce sujet, il faut signaler que l'étude réalisée par HOSHIDE porte sur les seuls gamétokystes recueillis à l'extérieur de l'hôte, alors que nos observations s'effectuent sur les gamétokystes situés à l'intérieur de celui-ci.)

Malgré les quelques différences de détail précédemment évoquées, il semble possible d'identifier la grégarine récoltée à Atar à l'espèce *Gregarina katherina* WATSON. D'ailleurs, THÉODORIDES et JOLIVET (1959) considèrent que *G. barbara* et *G. katherina* constituent une seule et même espèce.

III. — RÔLE DE GREGARINA KATHERINA A L'ÉGARD DE SES DIFFÉRENTS HÔTES POSSIBLES

En Adrar mauritanien, la recherche des hôtes possibles de la grégarine s'effectuait jusqu'en 1966 sur les seules coccinelles indigènes. Depuis lors, elle s'adresse également aux prédateurs en voie d'introduction, étant donnée l'importance de l'action que peut avoir la grégarine sur la longévité et la fécondité de ses hôtes.

Bien qu'il soit difficile de préciser exactement le rôle antagoniste des grégarines, il faut souligner qu'elles détruisent les cellules intestinales des larves et des adultes et provoquent des lésions. La gravité des troubles digestifs enregistrés s'accroît rapidement avec la multiplication des sporozoaires dont le nombre passe en moins de 30 jours, de 10 à plusieurs milliers dans l'intestin moyen de chaque prédateur. A ce moment, la formation d'une grande quantité de gamétokystes peut causer la mort des adultes par occlusion intestinale au niveau de l'ampoule rectale. L'élevage permanent de *P. anchorago* permet souvent d'enregistrer de tels accidents. Chez les adultes survivants, on note une réduction de la longévité de moitié et de la fécondité des deux tiers environ ⁽¹⁾.

A. — *G. katherina* et les Coccinelles indigènes

Les études écologiques entreprises sur les coccinelles indigènes ont permis d'acquérir des connaissances sur le développement de la grégarine dans les conditions naturelles de la palmeraie d'Atar.

Les dissections périodiques et régulières d'un grand nombre de *P. anchorago* et de quelques autres espèces de coccinelles fournissent d'utiles renseignements sur l'évolution du taux de parasitisme de la grégarine et sur son aptitude à attaquer les différents stades de vie du prédateur. Elles aident à évaluer son importance dans les principales zones de cultures du palmier-dattier en Adrar.

— Indépendamment des fluctuations saisonnières de la population des adultes de

⁽¹⁾ La longévité des adultes sains de *P. anchorago* atteint environ deux mois ; elle ne dépasse jamais un mois chez les coccinelles parasitées.

Une femelle saine pond en moyenne 250 à 300 œufs durant sa vie ; atteinte par une grégarine, elle dépose moins de 100 œufs. Des dissections pratiquées périodiquement montrent que le nombre d'ovocytes complètement évolués dans les ovaires de coccinelles parasitées ne dépasse jamais 5 au lieu de 14 en général pour les prédateurs sains.

P. anchorago, on enregistre, toute l'année, un taux de parasitisme supérieur à 50 p. 100. Au cours de la période chaude, le pourcentage de la grégarine s'accroît : 70 p. 100 en 1967 et près de 100 p. 100 en 1968 (voir fig. 2). Dans les palmeraies, ce parasite manifeste donc une grande activité en toutes saisons.

Au contraire, dans d'autres régions au climat plus tempéré, en France par exemple, on observe, chez les Coccinelles aphidiphages, une activité moins régulière des grégarines. Elles apparaissent essentiellement au printemps et en automne pour disparaître presque totalement en hiver et en été.

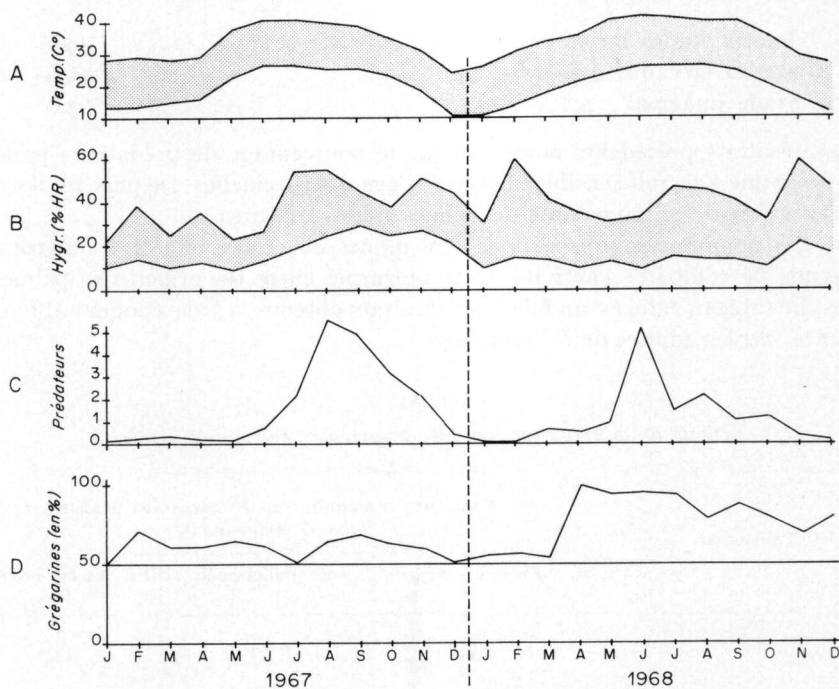


FIG. 2. — Proportion de *P. anchorago* adultes (exprimée en p. 100) parasités par *G. katherina*

A : Températures moyennes mensuelles (maximum-minimum) ; B : Hygrométries moyennes mensuelles (maximum-minimum) ; C : Nombre d'adultes de *P. anchorago* récoltés par palme ; D : Taux de parasitisme des adultes de *P. anchorago* par *G. katherina*.

Les conditions climatiques très différentes qui règnent dans ces deux contrées n'expliquent pas complètement la disparité enregistrée dans le comportement naturel d'une même espèce parasite. Pour y parvenir, on doit rappeler les particularités biologiques de la grégarine étudiée à Atar. Celle-ci présente des gamétokystes dont l'évolution s'effectue presque totalement à l'intérieur du tube digestif de *P. anchorago* jusqu'au moment de la formation des sporocystes. Seules la déhiscence et l'émission des sporocystes s'opèrent à l'extérieur de l'hôte, après le rejet des gamétokystes. A l'opposé, en France, les coccinelles aphidiphages parasitées expulsent des gamétokystes à un stade plus précoce. Ils n'achèvent leur évolution et n'émettent des sporocystes que s'ils rencontrent, dans leur nouveau milieu, des conditions microclimatiques favorables.

— Lorsque *P. anchorago* exerce son activité prédatrice aux dépens de *P. blan-*

chardi, il absorbe également des sporocystes de *G. katherina*. Le régime alimentaire identique des larves et des adultes de coccinelle augmente considérablement les possibilités de contamination intraspécifique. Tous les stades de vie du prédateur évoluent dans un espace suffisamment limité pour se trouver en étroit contact avec les individus qui émettent des gamétokystes.

Aux différents âges de *P. anchorago*, on note les taux de parasitisme moyens suivants :

	P. 100
Jeunes stades larvaires (2).....	44,6
Stades larvaires âgés (2)	55,9
Stade imaginal	63,6

Les résultats précédents montrent que le pourcentage de prédateurs parasités par la grégarine s'accroît sensiblement avec l'âge des coccinelles. De plus, on note une infestation précoce et importante des jeunes stades larvaires.

— Les nombreuses prospections écologiques effectuées en Adrar mauritanien ont permis de comparer l'activité de la grégarine entre les principales palmeraies visitées. Le tableau 2 dresse un bilan des résultats obtenus, à trois époques différentes de l'année, sur les adultes de *P. anchorago*.

TABLEAU 2
Activité de la grégarine dans les principales palmeraies visitées

Palmeraies	Pourcentage d'adultes de <i>P. anchorago</i> parasités par <i>G. katherina</i> ⁽¹⁾		
	En mars-avril	En juillet-août	En octobre-novembre
	(%)	(%)	(%)
Jardin Hamody	100	100	92
Kilomètre 2	82	100	75
Taouaz	100	75	—
Ksar Torchane	—	100	60
Toungad	40	86	100
Oujeft	99	100	85
Chinguetti	54	—	80

⁽¹⁾ 726 individus examinés au total.

Des données partielles obtenues dans d'autres biotopes comme Hamdoun (70 p. 100) et Tayaret (80 p. 100) confirment l'existence de la grégarine dans toutes les palmeraies proches d'Atar, à un même niveau toujours élevé. On a pu contrôler sa présence à Zyred Lardeb, à Azougui, à Tergit, à Tachot, à Aïn el Attaya, à Tazagrez, à Ouadane, à Bedamez et à Chmatt.

Si *P. anchorago* montre une grande sensibilité à l'égard de *G. katherina* (on peut situer son taux de parasitisme moyen à plus de 80 p. 100), une autre espèce,

Exochomus nigripennis E. R., supporte également les attaques de la grégarine qui n'atteint jamais plus de 75 p. 100 des individus.

Donc dans les conditions climatiques de l'Adrar mauritanien, *G. katherina* parasite les principales espèces de coccinelles coccidiphages indigènes à tous les stades de leur vie. Elle est active l'année entière, dans toutes les palmeraies proches d'Atar.

B. — *G. katherina* et les coccinelles en cours d'introduction

Depuis 1966, la recherche de *G. katherina* s'étend également aux prédateurs en cours d'introduction.

Ils appartiennent aux espèces suivantes : *Chilocorus bipustulatus* L. (souche d'Iran), *Chilocorus stigma* SAY, *Chilocorus distigma* KLUG, et *Pharoscyrnus semiglobosus* KARSCH.

Dès leur arrivée sur les lieux d'introduction, les prédateurs sont placés dans des cages de multiplication. Cette phase de production précède le lâcher des coccinelles.

Les enceintes d'élevage contiennent des palmiers et créent des conditions micro-climatiques particulières, favorables à la prolifération de la grégarine. De plus, elles constituent des volumes restreints où la densité des gamétokystes s'accroît rapidement (fig. 3).

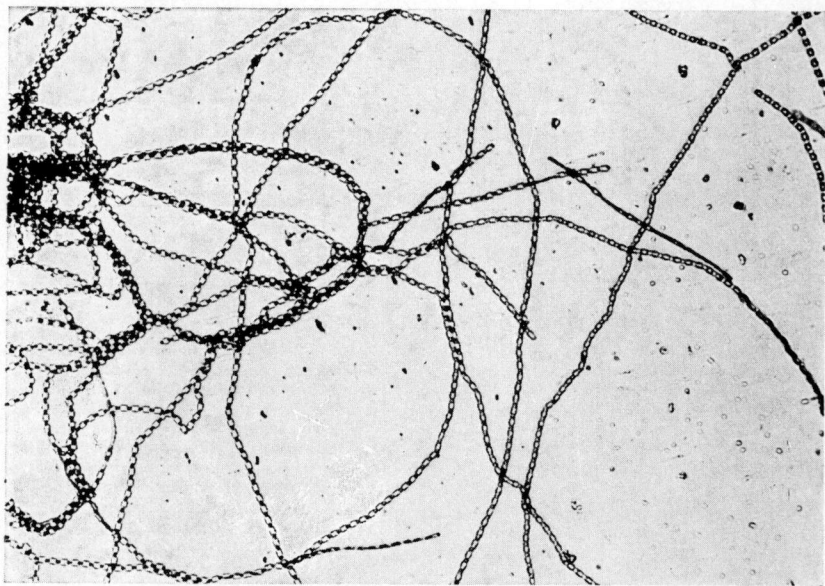


FIG. 3. — *G. katherina* : chaîne des sporocystes provenant de la déhiscence de plusieurs gamétokystes après leur rejet hors de l'hôte avec les excréments

La figure 4 donne un aperçu de l'évolution du pourcentage d'attaque de la grégarine sur trois espèces prédatrices élevées dans ces enceintes. Elle indique leur sensibilité respective à l'égard du parasite :

— *C. stigma* s'avère très sensible (le taux de parasitisme atteint rapidement 100 p. 100).

— *Ch. bipustulatus* manifeste une sensibilité plus faible (inférieure à 50 p. 100).
 — Par contre, on ne trouve jamais de grégarine dans le tube digestif de *C. distigma* (0 p. 100).

Depuis novembre 1967, on constate l'acclimatation de *Chilocorus bipustulatus* dans de nombreuses palmeraies proches d'Atar. Aussi, la recherche de *G. katherina* s'applique-t-elle aux différents stades de vie du nouveau prédateur.

Dans la nature, indépendamment de la densité des adultes de *Ch. bipustulatus* on observe, pendant le deuxième semestre de l'année 1968, un pourcentage d'attaque de la grégarine toujours supérieur à 50 p. 100 (fig. 5).

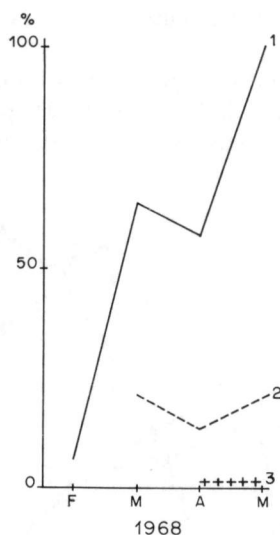


FIG. 4. — Pourcentages de *G. katherina* enregistrés sur les adultes de trois espèces de Coccinelles en cours d'introduction et multipliées en cage 1. Sur *C. distigma*; 2. Sur *Ch. bipustulatus*; 3. Sur *C. distigma*.

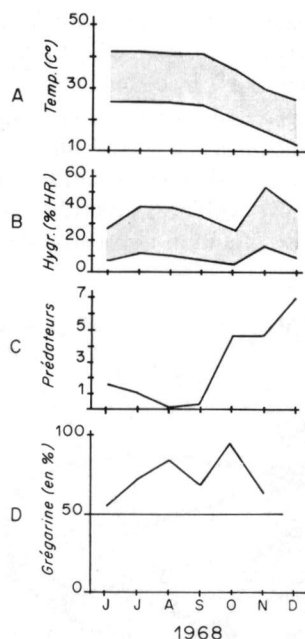


FIG. 5. — Proportion de *G. katherina* (en p. 100) obtenue sur les adultes de *C. bipustulatus* récoltés dans la nature A: températures moyennes mensuelles (maximum-minimum); B: Hygrométries moyennes mensuelles (maximum-minimum); C: Nombre d'adultes de *Ch. bipustulatus* récoltés par palmes; D: Pourcentage de *G. katherina* obtenu sur les adultes de *Ch. bipustulatus*.

G. katherina manifeste donc sensiblement la même activité sur une coccinelle nouvellement acclimatée (*Ch. bipustulatus*) que sur un prédateur indigène (*P. anchorago*).

De plus, on note des taux de parasitisme comparables dans toutes les palmeraies colonisées par *Ch. bipustulatus* (Nouegatt, Kilomètre 2, Tayaret, etc).

CONCLUSION

L'étude préliminaire des possibilités d'introduction de *Coccinellidae* coccidiphages en Adrar mauritanien s'attachait à considérer tous les facteurs de limitation naturelle des prédateurs de coccides, sans omettre les grégaires.

Gregarina katherina WATSON se développe aux dépens des cellules intestinales de son hôte. Elle peut gêner considérablement les processus d'assimilation dont dépendent la fécondité de l'insecte et sa longévité. La présence permanente d'un tel parasite dans toutes les palmeraies de l'Adrar, sa grande activité et son agressivité à l'égard de *Ch. bipustulatus* (souche d'Iran) ne semblent pourtant pas nuire à l'acclimatation de cette espèce de coccinelle. Par contre, si l'on songe aux difficultés d'adaptation rencontrées par *C. stigma*, espèce éminemment sensible à la grégarine, on doit admettre que cet antagoniste joue parfois un rôle prépondérant. Son action néfaste pourrait se révéler déterminante et expliquer certains échecs enregistrés lors de l'introduction de prédateurs dans de nouvelles contrées où règnent des conditions climatiques trop différentes de celles qui caractérisent leur aire d'origine. L'influence combinée de deux facteurs défavorables (climat et parasite) précipiterait alors la disparition de l'espèce.

La sédentarisation effective de *Ch. bipustulatus* en Adrar et son aptitude à combattre efficacement *P. blanchardi* permettent d'envisager l'extension de cette intervention biologique à d'autres palmeraies de la République islamique de Mauritanie comme le Tagant ou l'Assaba. Avant de la réaliser, il s'avère prudent de connaître les conditions climatiques des futures zones d'introduction et de rechercher la présence de grégarine sur les coccinelles indigènes.

Le Tagant et l'Assaba offrent un climat moins désertique que celui de l'Adrar ; de plus, les premiers sondages effectués dans ces deux zones montrant une présence quasi permanente de *G. katherina* dont le pourcentage d'attaque ne dépasse jamais celui atteint dans les palmeraies voisines d'Atar (50 p. 100 en moyenne sur les adultes de *P. anchorago* récoltés à Kankossa (Assaba) et 70 p. 100 en moyenne sur ceux récoltés à Tidjikdja (Tagant)).

Donc, *a priori*, ni les conditions climatiques, ni l'activité de la grégarine ne semblent constituer des facteurs antagonistes suffisants pour s'opposer sérieusement à l'acclimatation de *Ch. bipustulatus* dans ces deux nouvelles contrées.

Reçu pour publication en juillet 1969.

SUMMARY

ENTOMOPHAGOUS INSECTS OF *PARLATORIA BLANCHARDI* TARG.
IN THE PALMGROVE OF THE MAURITANIAN ADRAR.

II. — STUDY OF A *COCCINELLIDAE* PARASITE, *GREGARINA KATHERINA* WATSON

A gregarine parasitises coccidiphagous *Coccinellidae* in Mauritanian Adrar. This antagonist could interfere with control of date-palm scale, *P. blanchardi*, by the mean of new predators.

A peculiar study was necessary.

In the world, five species of gregarines are able to attack coccinellids : *G. barbara*, *G. straeleni*, *G. chilocori*, *G. fragilis* and *G. katherina*.

The parasite obtained from Atar is *G. katherina*.

In the climatic conditions of the Adrar date-palm trees, *G. katherina* parasitises many species of indigenous *Coccinellidae* at any stages of their life ; during the whole year and any where 80 p. 100 of *P. anchorago* is parasitised.

Since 1955, several introduced coccinellids show different specific sensibilities :

- C. stigma* (rate of parasitism 100 p. 100)
- C. bipustulatus* (rate of parasitism 50 p. 100)
- C. distigma* (rate of parasitism 0 p. 100).

Since November 1967, *C. bipustulatus* (from Iran) is acclimatized in numerous date-palm trees of Mauritanian Adrar. In the nature, *G. katherina* shows the same activity upon an indigenous coccinellid (*Ph. anchorago*) and upon an introduced one (*Ch. bipustulatus*). The new predator is now established all around Atar ; it is able to control *P. blanchardi*.

Also we can expect an extension of this biological intervention to other regions as Tagant or Assaba.

The two main antagonist factors (climate and gregarine) are not sufficient to prevent its acclimatation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DELUCCHI V., 1954. *Pullus impexus* MULS. (Coleoptera, Coccinellidae), a predator of *Adelges piceae* RATZ. (Hemiptera, Adelgidae) with notes on its parasites. *Bull. Entomol. Res.*, **45**, 243-278.
- FOERSTER H., 1938 a. Gregarinen in Schlesiischen Insekten. *Z. Parasitenkunde*, **10**, 157-209.
- FOERSTER H., 1938 b. Beobachtungen über das Auftreten von Gregarinen in Insekten. *Z. Parasitenkunde*, **10**, 644-673.
- HOSHIDE H., 1951. Studies on the gregarines from the coleoptera in Japan. *Yamaguchi J. Sci.*, **2**, 93-109.
- IPERTI G., 1964. Les parasites de Coccinelles aphidiphages dans les Basses-Alpes et les Alpes-Maritimes. *Entomophaga*, **9**, 153-180.
- IPERTI G., LAUDÉHO Y., 1969. Les Entomophages de *Parlatoria blanchardi* TARG. dans les palmeraies de l'Adrar mauritanien. I. Études biologiques et écologiques préliminaires. Perspectives d'acclimatation de nouveaux prédateurs *Coccinellidae*. *Ann. Zool. Écol. anim.*, **1**, 17-30.
- LIPA J. J., 1967. Studies on gregarines (*Gregarinomorpha*) of arthropods in Poland. *Acta Protozool. Polon.*, **5**, 97-179.
- LIPA J. J., 1968. On gregarine parasites of *Coccinellidae* in California. *Acta Protozool. polon.*, **6**, 263-272.
- OBATA K., 1953. Reports on some gregarines from Japanese insects. *J. Sci. Hiroshima Univ.*, **14** (B), div. 1 (Zoology), 1-34.
- SEZER S., 1969. *Étude morphologique, biologique et écologique de Lindorus lophantae* BLAIDELL et de *Scymnus* (S.) *apetzi* Mulsant (« Coleoptera, Coccinellidae ») dans le département des Alpes-Maritimes, afin de préciser leur efficacité prédatrice à l'égard des populations de Cochenilles et d'Aphides. Thèse, Fac. Sci. Univ. Paris (sous presse).
- THÉODORIDES, JOLIVET P., 1959. Eugrégarines parasites de Coléoptères. *Inst. Parcs Nat., Exploration du Parc Nat. Albert*, 2^e sér., Fasc. 6, Bruxelles.
- WATSON M. E., 1915. Some new gregarine parasites from Arthropoda. *J. Parasitol.*, **2**, 27-36.
- WATSON M. E., 1916. Studies on gregarines. *Illinois Biol. Monogr.*, **2** (3), 258 p.
- WATSON M. E., 1917. Observations on polycystid gregarines from Arthropoda. *J. Parasitol.*, **3**, 65-75.

CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES
ET MODALITÉS PARASITAIRES
D'UN NÉMATODE MYCOPHAGE
APHELENCHOIDES COMPOSTICOLA (FRANKLIN, 1957) ⁽¹⁾

T. YOUNES

Faculté des Sciences de l'Université libanaise, Beyrouth (Liban)

SOMMAIRE

La biologie du nématode mycophage *Aphelenchoides composticola* a été précisée en vue d'études génétiques ultérieures.

Une technique d'élevage individuel sur lame, sur goutte de milieu géloséensemencée en mycélium, a été mise au point.

Le temps de maturité est de 7,5 jours à 20°C et le *sex ratio* est toujours inférieur à l'unité (0,69). On a d'autre part, défini un indice de fécondité apparente.

La gamme d'hôte apparaît assez étendue et l'espèce peut facilement survivre au jeûne et à la sécheresse,

INTRODUCTION

On sait que les nématodes phytoparasites constituent un matériel de travail de choix pour l'étude des relations hôtes-parasites chez les animaux phytophages.

En effet, par exemple, les études sur *Ditylenchus dipsaci*, *Meloidogyne incognita* et *Heterodera rostochiensis* ont permis de progresser sérieusement dans la compréhension du déterminisme de l'agressivité du parasite. En particulier, la constatation (JONES, 1966 ; COLE, HOWARD, 1966) que l'agressivité d'*Heterodera rostochiensis* vis-à-vis de certaines variétés de la pomme de terre peut croître d'une génération à la suivante, pose le problème de l'adaptation génétique d'un parasite à un hôte résistant.

Nous avons pensé que ce mécanisme, étudié à partir de résultats obtenus sur *Solanum tuberosum*, plante qui doit être alors cultivée en conditions contrôlées, serait mieux analysé sur un matériel plus apte à l'expérimentation.

⁽¹⁾ Travail effectué au Laboratoire de Biologie générale et appliquée. Faculté des Sciences de Lyon, 69 - Villeurbanne.

	♀				♂			
Souches	L	a	b	c	L	a	b	c
A. Antibes A. Chaponost N = 30	0,85 mm	29,6	6,1	12,2	0,69	31,5	6,3	15,4
A. FRANKLIN N = 24	0,51 mm	34	9	14	0,49	34	8,5	15
Test de « t »	Dif. sign.	Dif. sign.	Dif. n. sign.	Dif. n. sign.	Dif. sign.	Dif. n. sign.	Dif. n. sign.	Dif. n. sign.

$$L = \text{longueur} ; \quad a = \frac{L}{\text{largeur}} ; \quad b = \frac{L}{\text{œsophage}} ; \quad c = \frac{L}{\text{queue}}$$

Après des essais infructueux à partir de champignonnières de la Tour-de-Salvagny et de l'Arbresle (Rhône), nous avons isolé en mars 1968 une autre souche, à partir du compost de la champignonnière DUVAREILLE à Chaponost (mycélium Somycel, n° 87 et 24).

Depuis leur isolement, ces deux souches ont été cultivées, en culture sur masse, sur du mycélium de *P. bispora* (Somycel, n° 87).

Une analyse de leurs caractéristiques biométriques, effectuée sur des nématodes âgés de 9 jours provenant de cultures individuelles adultes et maintenues à une température de 20°C, nous montre la présence de certaines différences avec celles de la souche décrite par FRANKLIN (1957). En effet, nos nématodes sont plus grands et plus gros (tabl. 1).

Le fait que les nématodes de FRANKLIN soient issus d'une culture en masse et les nôtres de culture individuelle, nous permet d'émettre l'hypothèse que les différences proviennent d'une croissance inhibée et de l'âge non déterminé des nématodes dans la culture en masse surpeuplée.

B. — Hôtes

Les champignons susceptibles de servir d'hôtes aux nématodes sont :

- a) *Psalliotia bispora* : un Homobasidiomycète, dont le mycélium provient du « blanc de champignon » (Somycel, n° 87) ;
- b) *Coprinus radiatus* : Iso-10 Guerdoux, , un Homobasidiomycète provenant du Laboratoire de Génétique C. N. R. S., Gif-sur-Yvette ;
- c) *Neurospora crassa* SCHEAR et B. O. DODGE, un Pyrénomycète provenant de *Centraal bureau voor Schimmel cultures, Baarn* (Pays-Bas) ;
- d) *Sordaria fimicola* n° 2021 : un Pyrénomycète provenant de la mycothèque de la Faculté des Sciences d'Orsay ;
- e) *Fusarium oxysporum* var. *gladioli* MASSEY, Ascomycète imparfait provenant de *Centraal bureau voor Schimmel cultures, Baarn*.

II. — MÉTHODES

A. — Culture individuelle des nématodes

Cette technique de culture que nous avons mise au point est une adaptation de la méthode d'élevage sur gouttes de gélose nutritive, utilisée par NIGON (1949) et BRUN (1966) pour l'élevage des nématodes libres ; elle se fait en trois temps :

1. Milieux de cultures.

La composition du milieu de culture gélosé dépend du champignon-hôte ; on utilise ainsi les milieux suivants :

- a) Pour la culture de *P. bispora*, *N. crassa* et *C. radiatus*
25 grammes de Maltea Moser
15 grammes d'Agar Agar (Kobé n° 2)
1 000 cm³ d'eau distillée
- b) Pour la culture de *F. oxysporum* var. *gladioli*
30 grammes de flocons d'avoine du commerce
15 grammes d'Agar Agar (Kobé n° 2)
1 000 cm³ d'eau distillée
- c) Pour la culture de *S. fimicola*, on se sert du milieu DODGE de composition
40 grammes de farine de maïs
20 grammes d'Agar Agar pulv. Fluka
1 000 cm³ d'eau distillée.

Pour chacun de ces milieux, on sépare, sur une lame porte-objet, une goutte de gélose nutritive de 1,5 cm³ de diamètre environ.

Les diverses lames sont ensuite disposées dans des boîtes à rainures d'utilisation courante en histologie. Une couche d'ouate cellulosique, imbibée d'eau distillée et déposée sur les lames, à la surface de la boîte, empêche le dessèchement des gouttes, en maintenant l'humidité dans la boîte à un niveau de 96 p. 100 environ.

2. Culture du champignon-hôte.

Un greffon de mycélium, de 4 mm² de surface environ, prélevé à la surface d'une culture en boîte de Pétri de champignon, est déposé au centre de la goutte.

La durée nécessaire pour que le mycélium transplanté couvre les 2/3 de la goutte (une surface de 1 cm² environ), varie selon le champignon hôte cultivé.

Dans l'obscurité, à 20°C et à une humidité relative (voir plus haut), cette durée de développement est de :

Champignon-hôte	Durée de développement	Vitesse de développement mycélium
<i>P. bispora</i>	6 jours	1 mm/jour
<i>F. oxysporum</i> var. <i>gladioli</i>	3 jours	2 mm/jour
<i>N. crassa</i>	1,5 jour	4 mm/jour

3. Culture du nématode et nomenclature des élevages.

Les nématodes (âge et sexe dépendant des modalités expérimentales) sont déposés sur la goutte couverte aux 2/3 de mycélium et y demeurent jusqu'à leur mort ou leur évasion qui intervient dans une forte proportion (60 p. 100) quand les géniteurs proviennent directement d'une culture en masse.

L'enchevêtrement mycélien interdit en effet de les retrouver sans écrasement de la goutte si on désire les transférer sur une nouvelle goutte.

La descendance est généralement étudiée 9 jours après le début de la culture.

La nomenclature des animaux en expérience se fait d'après l'origine du nématode et d'après l'hôte sur lequel il est élevé. Les nématodes provenant d'Antibes forment la souche A. Antibes (AA), ceux de Chaponost forment la souche (AC).

Une souche (AA, AC), entretenue en culture sur le mycélium de *P. bispora* (P) devient AAP ou ACP ; celle entretenue sur *F. oxysporum* (F) devient AAF ou ACF.

Une souche AAP ou AAF ou ACP... peut être élevée, pendant une ou plusieurs générations, sur un autre champignon-hôte que celui sur lequel elle est normalement élevée.

La nomenclature du type de culture expérimentale comprend donc deux termes :

a) L'indication de la souche de nématodes AAP, ACP et AAF...

b) Le nom de l'hôte employé dans l'expérience : *P. bispora* (P), *F. oxysporum* (F) ou *N. crassa* (N), etc...

On peut ainsi avoir les différents types de culture : AAP P, AAP F, AAP N, etc.

B. — Dénombrement

Le dénombrement des nématodes se fait, lui aussi, à la loupe binoculaire ($\times 16$), en écrasant la goutte de culture entre deux plaques de verre, la plaquette supérieure étant quadrillée.

Ce dénombrement est corrigé en ajoutant le nombre de nématodes ayant pu rester sur la lame de culture, lors de l'opération précédente.

Après le dénombrement, on enlève la plaque supérieure et on met sur la goutte écrasée et étalée, deux à trois gouttes d'eau distillée, pour éviter le dessèchement et pour permettre la sortie dans l'eau des nématodes enchevêtrés dans le mycélium. En procédant ainsi, on peut transférer les nématodes sur de nouvelles gouttes.

RÉSULTATS

A. — Modalités du développement

1. Temps de maturité (ou cycle évolutif selon CAYROL, 1967).

C'est la période minimale séparant deux pontes d'œufs : celle de la génération parentale et celle de la première génération. Pour *A. composticola*, CAYROL (1967) a estimé sa durée à 10 jours à 18°C et 8 jours à 23°C, en utilisant une technique de mesure indirecte, à partir de cultures en masse. L'élevage individuel permettant une

analyse directe, j'ai donc mesuré à 20°C le temps de maturité d'animaux appartenant aux deux souches Antibes et Chaponost. Ainsi, par exemple, j'ai transféré sur des gouttes recouvertes de mycélium de *P. bispora* et de *N. crassa*, 257 œufs résultant de la ponte de nématodes AAP issus d'une culture individuelle âgée de 9 jours. Cette ponte avait été effectuée pendant 24 heures, sur des gouttes gélosées et non ensemencées de champignons-hôtes.

Les 5/6 de ces œufs environ (213) ont éclos et se sont développés jusqu'à maturité. Des femelles ainsi obtenues furent prélevées d'une part 7 jours, d'autre part 8 jours après le début de la ponte et transférées dans l'eau physiologique à 7 p. 1 000.

La ponte n'a été obtenue qu'avec le lot de 8 jours. Ceci prouve que le temps de maturité des femelles se situe entre 7 et 8 jours. Par ailleurs, l'étude cytologique de ces femelles montre la présence de spermatozoïdes uniquement dans le réceptacle séminal d'animaux de 8 jours. Il en découle que les femelles de 8 jours seules ont été fécondées, et donc que les mâles sont également adultes à un âge voisin de 7 jours et demi.

Il est intéressant de constater que le temps de maturité ainsi mesuré est sensiblement inférieur à celui estimé par CAYROL. La technique de culture individuelle est donc pour le moins aussi favorable que la culture en masse, au développement d'*A. composticola*.

Cette conclusion s'étend d'ailleurs à un autre nématode mycophage ectoparasite : *Ditylenchus myceliophagus*. En effet, en culture en masse, son cycle de vie serait, selon CAYROL (1964), de 23 jours à 18°C et de 18 jours à 23°C, alors qu'en culture individuelle à 20°C, nous avons trouvé une durée de 11 jours. Il faut remarquer toutefois que, dans ce dernier cas, la différence constatée pourrait révéler l'existence de deux races biologiques différentes. En effet, les observations de CAYROL ont été faites sur une souche issue d'Antibes, tandis que les nôtres ont été faites sur une souche provenant de Bulgarie.

2. Ponte et éclosion des œufs.

Chez les nématodes endophytoparasites, les modalités de la ponte et de l'éclosion des œufs sont le plus souvent directement liées à l'hôte et au milieu dans lesquels vit l'animal. C'est ainsi que chez *Heterodera rostochiensis* et *H. schachtii*, l'éclosion des œufs dépend de sécrétions spécifiques de la plante-hôte (WALLACE, 1963). Cependant, chez *Meloidogyne hapla*, *M. incognita* et *M. javanica*, l'éclosion des œufs se réalise sans difficulté dans l'eau distillée (VIGLIERCHIO et LOWNSEBURY, 1960).

En ce qui concerne les nématodes ectophytoparasites, aucune donnée bibliographique n'existe sur ce sujet.

Chez *A. composticola*, nous avons constaté que la ponte des œufs et leur éclosion ne nécessitent pas la présence de l'hôte. En effet, elles peuvent s'effectuer soit sur des gouttes gélosées, soit dans l'eau physiologique à 7 p. 1 000, soit même dans l'eau distillée.

Ainsi, 66 femelles AAP adultes et fécondées provenant d'une culture individuelle âgée de 9 jours à 20°C, déposées pendant 24 heures dans l'eau physiologique à 7 p. 1 000, contenue dans des salières, pondent. Les œufs pondus — au nombre de 5-6 par femelle — commencent à éclore trois jours après le début de la ponte et sont tous éclos au bout du quatrième jour (tabl. 2). Des essais avec l'eau distillée ont abouti à des résultats similaires.

TABLEAU 2

*Les différentes phases du développement d'Aphelenchoides composticola
en culture individuelle sur gouttes*
(Les valeurs mentionnées sont observables sur *P. bispora* et *N. crassa*)

Culture sur gouttes		Développement embryonnaire		Développement larvaire				
de 9 jours	0	1	2	3	4	5	6	7
♂ × ♀	Ponte			Éclosion				Maturité sexuelle
								8 jours

3. Développement larvaire.

Les larves ainsi écloses dans l'eau peuvent rester vivantes pendant 5 jours. Mais elles gardent la même taille : leur croissance est inhibée. Leur développement ne semble d'ailleurs pouvoir se réaliser qu'en présence de l'hôte, comme le montre l'expérience suivante : 30 femelles AAP adultes, fécondées et provenant d'une culture individuelle âgée de 9 jours sur du mycélium de *P. bispora*, sont repiquées individuellement sur goutte gélosée, puis enlevées au bout de 24 heures. A ce moment-là, seulement, on enseme les 30 gouttes en *F. oxysporum*. L'observation des descendants de première génération, effectuée 8 jours après le début de la ponte, montre que les nématodes se sont inégalement développés (tabl. 3). Cette inégalité de crois-

TABLEAU 3

*Distribution des descendants provenant de la ponte
sur gouttes gélosées de 30 nématodes AAP, en différents stades de développement*

Stades larvaires	3 ^e stade	4 ^e stade	Adultes	Total
Nombre de Nématodes ..	46	42	49	137

Adultes : caractérisés par un œuf dans l'utérus.

4^e stade : légèrement plus petits que les adultes (0,56 mm, CAYROL, 1967) sans œuf dans l'utérus.

3^e stade : très petits, mais néanmoins visibles à la loupe binoculaire ($\times 16$) (0,38 mm, CAYROL, 1967).

(Les larves au deuxième et au premier stades sont difficilement décelables à la loupe binoculaire).

sance pourrait s'expliquer par le fait que dans les conditions de culture utilisées, les larves restent privées de mycélium pendant une période plus ou moins grande.

La durée de ce jeûne doit être, en effet, fonction de l'éloignement des œufs par rapport au fragment central de mycélium : celui-ci en particulier, n'atteint la périphérie de la goutte qu'au bout de 4 jours.

Dans ces conditions, les différences constatées entre nos résultats et ceux de CAYROL (1964-1967) concernant le temps de maturité d'*A. composticola* et de *D. myceliophagus* s'interpréteraient ainsi :

— dans la boîte de Petri, où s'effectue la culture en masse, subsiste plus longtemps encore que sur goutte, une plage importante de gélose non couverte de mycélium de *P. bispora* : d'où une inhibition de la croissance d'un nombre plus important d'œufs.

B. — *Sex ratio*

Classiquement, en nématologie, le *sex ratio* est défini par l'estimation de la proportion des mâles par rapport aux femelles dans un grand échantillon (> 100) d'une population de nématodes adultes. En ce qui concerne les nématodes gonochoriques phytoparasites, il n'est pas rare que ce paramètre soit inférieur à l'unité, c'est-à-dire que le nombre des mâles soit inférieur à celui des femelles. C'est le cas chez la plupart des nématodes ectophytoparasites (WINSLOW, 1960) et chez les endophytoparasites *Heterodera rostochiensis* et *Meloidogyne incognita* (HIRSCHMANN, 1960).

Ce serait aussi le cas chez *Ditylenchus myceliophagus* (CAYROL, communication personnelle).

D'après nos observations, il en est incontestablement de même pour *A. composticola*. Dans cette perspective, à 20°C, 6 147 animaux (AAP, AAF et ACP) âgés de 8 jours et provenant de 13 types de cultures individuelles sur gouttes ensemencées avec les champignons-hôtes : *P. bispora*, *F. oxysporum* var. *gladioli* et *N. crassa* ont été examinés. Dans tous les cas le *sex ratio* est inférieur à 1 et sa valeur moyenne est égale à 0,69.

C. — *Fécondité*

En culture en masse, la mesure de la fécondité est indirecte, se limitant à une appréciation de la fécondité totale. Dans ces conditions, CAYROL (1967) a étudié l'évolution d'une population d'*A. composticola* Antibes (AA) formée de 25 femelles + 25 mâles adultes à 20°C sur *F. oxysporum* var. *gladioli*. Il a trouvé que le nombre de nématodes atteint 3 034 au bout de 15 jours. Comme ce résultat doit englober non seulement la F_1 mais aussi la F_2 (puisque le temps de maturité du nématode est de 7,5 jours), il nous informe finalement fort peu sur la fécondité de notre animal. Aussi, pour approfondir cette question, nous avons tenté d'utiliser la technique de culture individuelle comme méthode de mesure directe. Malheureusement, l'emploi de cette technique s'est heurté à une difficulté non encore écartée : le manque de visibilité dans le milieu de culture, dû à la présence des filaments mycéliens internes et surtout externes. Ceci empêche le transfert journalier de géniteurs dans de nouvelles gouttes de culture, sans lésion de la goutte de prélèvement.

De ce fait, étant donné la durée très longue de la ponte (20 jours), on dénombrerait dans une goutte de culture conservée aussi longtemps, non seulement la première génération, mais aussi les deuxième et les troisième générations.

Dans ces conditions, nous avons choisi de mesurer une fécondité partielle. Ici encore, des difficultés subsistent. Ainsi, par exemple, la fécondité d'un couple de géniteurs AAP jeunes adultes, étudiée 9 jours après leur repiquage, ne peut être estimée de façon précise. En effet, malgré l'écrasement et l'étalement de la goutte de culture, on ne peut observer qu'une partie des descendants : ceux suffisamment grands pour être décelables à la loupe. C'est ainsi que nous avons été amenés à étudier ce que nous appelons « l'indice de la fécondité apparente » d'*A. composticola*, c'est-à-dire la moyenne des descendants adultes issus d'une jeune femelle adulte,

ayant un œuf dans l'utérus au moment du repiquage, transférée et laissée seule sur une goutte de milieu recouverte de mycélium. Chaque femelle provient d'une culture sur goutte vieille de 9 jours. L'observation de ses descendants adultes se fait au bout de 9 jours. Compte tenu de la durée minimale de 7 jours 1/2 du cycle évolutif, l'indice de la fécondité apparente traduit les résultats d'une ponte de 36 heures.

Dans ces conditions, sur *P. bispora*, cet indice chez les nématodes AAP peut atteindre 15 nématodes par femelle, celui de ACP 13,77 (tabl. 4) : les deux valeurs ne sont pas, cependant, significativement différentes.

TABLEAU 4

Comparaison de l'indice de fécondité apparente de ACP et de AAP

Nématodes	ACP	AAP
Fécondité apparente.....	13,77	14,8
Valeur de l'échantillon	41	37
Variance.....	53,6	60,5
Test de « <i>t</i> ».....	Différence non significative	

D. — Modalités parasitaires

1. Résistance au jeûne et à la sécheresse.

Les nématodes adultes sont très résistants au jeûne. En effet, dans une expérience portant sur 10 femelles AAP âgées de 13 jours, provenant d'une culture individuelle, toutes ont subsisté après 15 jours de jeûne dans l'eau distillée.

Leur résistance à la sécheresse est aussi considérable : élevés en culture en masse dans une boîte de Petri sur du mycélium de *F. oxysporum*, ils peuvent rester pendant deux mois dans ce milieu desséché à 20°C, à l'état de vie latente. Si l'on rajoute de l'eau, les nématodes reviennent à la vie normale au bout de deux heures.

2. Diversité parasitaire.

Dans la nature, *A. composticola* n'est pas inféodé à un seul hôte spécifique (CAYROL, 1967). Ceci se vérifie, d'après cet auteur, au laboratoire. Il a, en effet, élevé ce nématode en culture en masse sur le mycélium de *P. bispora*, *F. oxysporum* var. *gladioli*, *F. oxysporum* var. *melonis*, *Phytophthora nicotianae* et *Pythium* de *baryanum*.

En culture individuelle, nous avons pu confirmer ces données au moins en ce qui concerne : *P. bispora* et *F. oxysporum* var. *gladioli*, en élevant les souches Chaponost et Antibes chacune pendant une vingtaine de générations à 20°C. En outre, nous avons pu constater que les nématodes se multiplient sur *N. crassa*, *S. fimicola* et *C. radiatus*.

Par contre, un essai de culture (40 gouttes) sur la levure de boulangerie *Saccharomyces cerevisiae*, à 20°C, s'est révélé négatif. La présence de mycélium serait donc obligatoire.

Cette diversité parasitaire est moindre chez *D. myceliophagus*. Nous avons constaté, en outre, que l'association de ce nématode avec *A. composticola*, fréquente dans les champignonnières, ne persiste pas en culture en masse au laboratoire. Il faut donc admettre que dans ces conditions l'aptitude de la première espèce à se développer aux températures basses (12 à 14°), compense l'inégalité sélective, défavorable, du temps de maturité de *D. myceliophagus*, par rapport à celui d'*A. composticola* (11 jours au lieu de 7,5 à 20°C).

DISCUSSION

Grâce à la technique de culture individuelle, les nématodes sont élevés dans des conditions nutritionnelles favorables, à l'abri des risques de surpopulation et d'insuffisance alimentaire dans le milieu de culture. En outre, leur âge peut être défini de façon précise, ce qui autorise une analyse directe de différents paramètres biologiques et permet d'éviter les approximations de mesures effectuées sur des cultures en masse.

La méthode s'est révélée très efficace pour certaines mesures de caractéristiques biologiques effectuées sur des adultes : temps de maturité, *sex ratio* et fécondité apparente. Cependant, en ce qui concerne cette fécondité, son utilisation se trouve limitée jusqu'ici à l'examen de fécondités partielles.

L'étude de la fécondité totale d'*A. composticola* exigerait, en effet, que l'on puisse transférer journellement les nématodes sur de nouvelles gouttes, sans trop léser les cultures parentales. Ceci suppose un repérage relativement aisé de l'animal dans le milieu. Or, à cela, le développement mycélien constitue un obstacle que nous n'avons pas encore pu surmonter. Cependant, des perfectionnements semblent pouvoir le permettre :

a) D'une part, grâce à une amélioration de la technique de fabrication des gouttes gélées, en disposant sur la lame porte-objet deux gouttes jumelles. La première sert à cultiver le champignon-hôte. Sur la seconde on laisse pondre le nématode pendant 24 heures. Ensuite le géniteur étant transféré sur une nouvelle culture, on déplace la goutte couverte de mycélium sur celle qui a reçu la ponte ⁽¹⁾.

b) D'autre part, on peut atténuer l'enchevêtrement mycélien en freinant la croissance du champignon-hôte. Ceci peut être obtenu soit en modifiant la composition du milieu gélé nutritif, soit en utilisant des mutants à développement lent ou limité (de tels mutants sont connus chez *N. crassa* (LARPENT, 1965)).

En ce qui concerne l'indice de fécondité apparente mesuré, nous pouvons essayer de définir sa signification et les facteurs susceptibles de le modifier.

Cet indice correspond au nombre d'adultes ayant un œuf dans l'utérus, obtenus après 36 heures de ponte du géniteur femelle isolé. Si ce nombre est étroitement lié à la quantité de spermatozoïdes présents dans le réceptacle séminal lors de la mise en culture, il n'en dépend pas uniquement, C'est ce que montre, en effet, l'analyse

⁽¹⁾ On pourrait envisager d'adapter à *A. composticola* la technique de culture individuelle récemment utilisée par CAYROL (communication personnelle) pour l'élevage de *D. myceliophagus*. Le géniteur est déposé sur un fragment de mycélium du champignon-hôte, étalé sur un morceau de papier buvard. L'ensemble est mis dans une salière contenant de l'eau distillée ; les descendants adultes sont recueillis et dénombrés dans la salière.

cytologique d'un grand nombre de femelles adultes prélevées dans les mêmes conditions que pour la mesure de l'indice, c'est-à-dire dans des cultures individuelles sur *P. bispora*, âgées de 9 jours. On constate alors que le nombre de spermatozoïdes présents dans leur réceptacle séminal est de 20,5 (tabl. 5). Mais il n'en reste plus que 4 après une ponte de 24 heures et un seul après une ponte de 48 heures. Ainsi, en 36 heures de ponte, 18 spermatozoïdes en moyenne devraient être utilisés : or, l'indice de la fécondité apparente sur *P. bispora* ne dépasse jamais 15 (tabl. 4).

TABLEAU 5

Nombre de spermatozoïdes dans le réceptacle séminal des femelles AAP élevées en culture individuelle sur P. bispora en fonction de la durée de la ponte

Frottis examinés	♀ fécondée de 9 jours	24 heures de ponte	48 heures de ponte	72 heures de ponte
Valeur de l'échantillon	30	39	40	20
Nombre de spermatozoïdes dans le réceptacle séminal.....	20,5	4,05	0,92	0,15
Variance.....	28,2	20,3	9,05	0,28

La différence entre la fécondité apparente et le nombre de spermatozoïdes peut être imputée à plusieurs causes. On peut envisager, en effet, une létalité préférentielle de certaines gamètes mâles ; on peut aussi supposer que tous les œufs pondus ne sont pas fertiles.

Une indication dans ce sens peut être retirée du fait que, dans une ponte, 5/6 seulement des œufs se développent.

Reçu pour publication en mai 1969.

REMERCIEMENTS

J'adresse mes vifs remerciements à M. J. BRUN, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lyon, qui a bien voulu m'accueillir et diriger mon travail, ainsi qu'à M. M. RITTER, Directeur de la Station de Recherches sur les Nématodes d'Antibes, pour ses conseils et suggestions bien utiles.

SUMMARY

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND PARASITARY BEHAVIOUR OF A MYCOPHAGOUS NEMATODE

Aphelenchoides composticola, a gonochoric and mycophagous nematode is studied. A technic of individual cultivation of this species on a drop of a nutrient agar medium inoculated with mycelium of *Psalliotia bispora*, is described.

This allowed to determine the time of maturation (7,5 days at 20°C), the sex ratio (ever less than one ; 0,69) and an index of apparent fecundity, which is correlated with the number of spermatozooids in spermatheca of female after the first copulation.

On the other hand we defined some characteristics of hatching and of evolution of larval stages at 20°C.

Some parasitic modalities of development were studied ; some new hosts were have been found : *Fusarium oxysporum* var. *gladioli*, *Coprinus radiatus*, *Neurospora crassa* and *Sordario fimicola*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BRUN J., 1966. L'adaptation aux températures élevées chez un nématode : *Caenorhabditis elegans*, MAUPAS 1900. *Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys.*, **6**, 127-158.
- CAYROL J.-C., 1967 a. Étude du cycle évolutif d'*Aphelenchoides composticola*, FRANKLIN. *Nematologica*, **13**, 23-32.
- CAYROL J.-C., 1967 b. Études préliminaires des relations entre quelques champignons pathogènes et deux espèces de nématodes mycophages : *Ditylenchus myceliophagus* et *A. composticola*. *Ann. Épiphyties*, **18**, 317-329.
- CAYROL J.-C., 1964. Études préliminaires sur le cycle évolutif de *D. myceliophagus*, GOODEY 1958. *Nematologica*, **10**, 361-368.
- CAYROL J.-C., TRAMIER R., 1963. Méthode d'élevage au laboratoire du nématode *D. myceliophagus*, nuisible dans les champignonnières. *Ann. Épiphyties*, **14**, 371-376.
- FRANKLIN M. T., 1957. *Aphelenchoides composticola* n. sp. and *A. saprophilus* n. sp. from mushroom compost and rotting plant tissues. *Nematologica*, **2**, 306-313.
- JONES F. G. W., 1966. Genetics and population dynamics of *Heterodera rostochiensis*, potato root eelworm *Rep. Roth. exp. Stn. for 1965*, 301-315.
- LARPENT J.-P., 1966. Caractères et déterminisme des corrélations d'inhibition dans le mycélium jeune de quelques champignons. Thèse Docteur État. *Ann. Sci. Nat.*, 12^e série, **7**, 81-150.
- VIGLIERCHIO D. R., LOWNSEBRY P. F., 1960. The hatching response of *Meloidogyne species* to the emanations from the roots of germinating tomatoes. *Nematologica*, **5**, 153-157.
- WALLACE H. R., 1963. *The biology of plant parasitic nematodes*. 1 volume ; Edited by Edouard ARNOLD (Publishers), Ltd, London.

LA DIAPAUSE DE L'EUDÉMIS DE LA VIGNE *LOBESIA BOTRANA* SCHIFF. (LÉP. *TORTRICIDAE*) : INDUCTION ET ÉLIMINATION

R. ROEHRICH

*Station de Zoologie agricole,
Centre de Recherches de Bordeaux, 33 - Pont-de-la-Maye
Institut national de la Recherche agronomique*

SOMMAIRE

Nous avons vérifié le rôle des photopériodes courtes (8 h-12 h) pour l'entrée en diapause, quelle que soit la nourriture. Nous avons montré qu'elles doivent être appliquées pendant au moins la moitié de la vie larvaire, sans sensibilité particulière des premiers stades. L'élimination de cette diapause peut s'effectuer entre 5 et 24°C, mais les émergences sont groupées et la mortalité est plus faible après quatre ou cinq mois passés à 10°C. Une photopériode longue (16 h) assure une reprise de développement plus rapide et plus complète. Dans les conditions naturelles, la diapause s'élimine graduellement d'octobre au milieu de février. A partir de cette date le développement peut s'accélérer sous l'action directe de la température.

INTRODUCTION

Au cours d'essais de perfectionnement des méthodes d'élevage entrepris pour pouvoir produire à dates fixées à l'avance, de nombreux insectes destinés au piégeage sexuel, nous avons été amené à étudier les conditions et les modalités des arrêts de développement et de la réactivation des diapausants ainsi obtenus. Au cours de ce travail, nous avons pu préciser de nombreux points et compléter ainsi les travaux antérieurs dont le plus complet est l'étude de KOMAROVA (1954).

Rappelons que la diapause de l'Eudémis se situe au stade chrysalide. Dans la région, les premiers diapausants se trouvent parmi les chenilles terminant leur développement dans la deuxième quinzaine d'août, et la diapause touche toutes les chenilles se chrysalisant en septembre et octobre. Les papillons issus de ces hivernants émergent dans le courant des mois d'avril et mai selon la température de l'année et la situation des cocons plus ou moins bien exposés.

I. — ÉTABLISSEMENT DE LA DIAPAUSE

A. — Résumé des données obtenues par KOMAROVA

Le facteur prépondérant est, comme pour beaucoup d'insectes des régions tempérées, le photopériodisme appliqué depuis l'œuf jusqu'à la chrysalidation ; des éclaircissements compris entre 8 et 12 heures par jour induisent 100 p. 100 de diapause, alors que les témoins soumis à l'éclaircissement naturel du mois de juillet se sont tous transformés en papillons et que ceux élevés à l'obscurité constante n'ont donné que deux tiers de diapausants. Appliqués plus tardivement au cours du développement de l'insecte, ces photopériodismes ont une action de plus en plus faible ne touchant déjà que moins du quart des individus si l'œuf est incubé à jours longs.

La température n'a pas d'action directe, mais dans la nature, son rôle est important en décalant le cycle biologique et en soumettant ainsi les insectes à des photopériodes différentes. Ni l'hygrométrie entre 45 et 100 p. 100 d'hygrométrie relative, ni le degré de maturité du raisin entre 2 à 20 p. 100 de sucre n'ont montré la moindre action sur la diapause.

B. — Résultats expérimentaux obtenus

1. Combinaison de la photopériode et de la température pendant la vie larvaire.

Nous avons combiné deux températures (24°C et 18°C) avec deux photopériodes (16 h et 8 h d'éclaircissement par jour). Lorsque la photopériode a été de 8 heures sur 24, 100 p. 100 et 98 p. 100 des chrysalides sont entrées en diapause, lorsqu'elle a été de 16 heures sur 24, 0 et 1 p. 100 seulement. Dans les deux cas, l'action de la température a été négligeable.

2. Action de la photopériode et de la température pendant la période de ponte et pendant l'incubation.

Dans ces deux séries d'expériences, nous avons élevé à 24°C et à 16 heures d'éclaircissement par jour, les chenilles issues des œufs en expérimentation. Ont été testées les quatre combinaisons de photopériode et température précédentes.

Nous n'avons noté aucune différence entre les lots incubés à 16 heures ou à 8 heures d'éclaircissement par jour (2,7 p. 100 de diapausants dans les deux cas). Il y a eu une légère différence, non significative, selon la température (1,7 p. 100 à 24°C et 4,0 p. 100 à 18°C). Les pourcentages de diapausants sont restés très faibles entre 0 (pour 24°C, 16 h) et 2,0 (pour 24°C, 8 h) quelque soient les conditions d'élevage des papillons pendant la ponte. *La photopériode non appliquée à la chenille n'amène donc pas la diapause.*

3. Action de la photopériode appliquée à une partie seulement de la période d'activité larvaire.

Nous avons réalisé deux séries d'expériences : dans l'une les chenilles étaient élevées à l'éclosion sous un éclaircissement de 8 heures sur 24 et dans l'autre de 16 heures sur 24. A différents moments de leur développement, elles étaient transportées sous l'autre

périodisme (KOMAROVA au contraire, a toujours commencé l'élevage en conditions diapauses). Les résultats sont donnés à la figure 1.

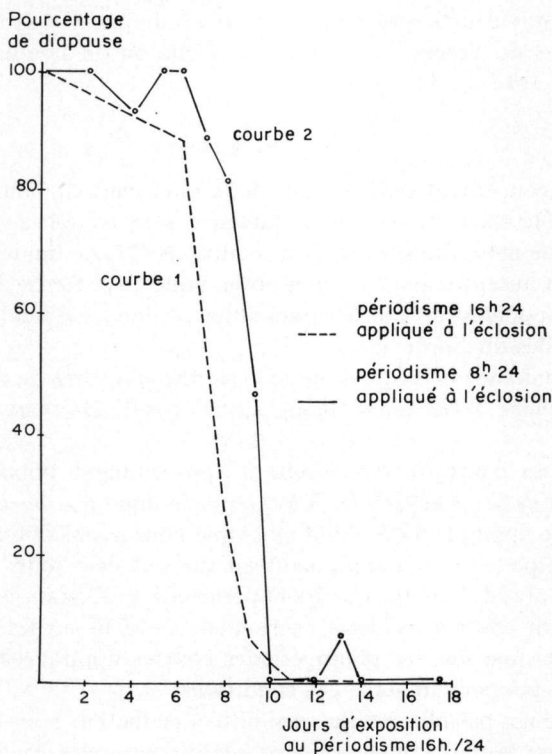


FIG. 1. — Pourcentage de diapause en fonction de la durée d'exposition au photopériodisme long (La durée totale de développement varie de 18 à 20 jours)

Courbe 1 : jours longs appliqués à partir de l'éclosion

Courbe 2 : jours longs appliqués après un début de développement en jours courts

La figure montre qu'une exposition à 16 heures d'éclairement par jour empêche la diapause si elle est suffisamment prolongée, qu'elle se situe au début (courbe 1) ou à la fin (courbe 2) du développement (9 à 10 jours sur des développements de 17 à 20 jours). Les chenilles ne sont pas sensibles à la photopériode à un âge déterminé, mais le résultat final est conditionné par le bilan global des jours passés dans l'une ou l'autre condition.

4. Influence des basses températures pendant l'incubation.

Nous avons soumis des œufs à 4°, 6° et 9° pendant des périodes de 2 à 9 jours, la suite de l'incubation et l'élevage des chenilles se déroulant à 24°C en jours longs. L'exposition à 2 jours n'a été suivie d'aucune entrée en diapause. Lorsqu'elle a dépassé 4 jours, il y a eu quelques diapauses mais en nombres insuffisants pour différencier ces différentes conditions : sur 142 chrysalides ayant subi pendant 4 à 9 jours des températures de 4 à 9°C, sous la forme d'œufs, nous avons compté 10 diapauses soit 7 p. 100 alors que nous n'en avons qu'un pour 113 témoins.

Les températures comprises entre 4 et 9°C appliquées aux œufs n'ont qu'une faible influence sur l'entrée en diapause.

5. Influence de l'alimentation.

Les chenilles élevées en jours longs n'ont pas plus de 1 p. 100 de diapause et celles élevées en jours courts sont toutes entrées en diapause, que les chenilles soient nourries de feuilles de Troène, de feuilles de Vigne ou de Pommes. *L'alimentation n'a pas d'influence sur l'entrée en diapause.*

C. — Discussion

Les résultats concernant l'importance de la photopériode pour l'induction de la diapause et la faible efficacité des autres facteurs, sont conformes à ceux de KOMAROVA, et même plus nets. Dans les mêmes conditions (8 h de lumière et œufs incubés en jours longs), cet auteur n'avait en effet obtenu que 10 p. 100 de diapausants au lieu de 100 p. 100. Les populations caucasiennes auraient donc une tendance à la diapause plus faible que celles du Bordelais.

Ce rôle prépondérant de la photopériode se retrouve chez de nombreux insectes des régions tempérées : DICKSON (1949), LEES (1955), DANILEVSKII (1961), BECK (1968).

Nous avons au contraire des résultats apparemment opposés concernant le stade d'application de la photopériode. KOMAROVA indique que les conditions diapausantes doivent être appliquées dès l'œuf alors que nous avons obtenu l'entrée en diapause presque complète en ne l'appliquant qu'au bout de 7 jours de vie larvaire.

Il convient d'abord de noter que les expériences de KOMAROVA ne permettaient pas de conclure, car elle n'a pas isolé l'action sur l'œuf ni sur les premiers âges des chenilles ; en effet, une fois les photopériodes courtes appliquées, tout le reste du développement se poursuivait dans ces conditions.

Le fait qu'elle n'a pas observé de sensibilité à ce facteur pour les derniers stades peut s'expliquer par la plus faible tendance à la diapause des Eudémis du Caucase : ils paraissent avoir besoin d'une exposition aux photopériodes courtes tellement longue, qu'aucune fraction de la vie larvaire n'est suffisante.

Notre conclusion sur l'absence d'une période à sensibilité particulière et sur l'importance de la durée de la vie larvaire passée sous l'une ou l'autre conditions, se rapproche au contraire de celle de BECK et de ses collaborateurs (BECK et HANEC, 1960 ; BECK *et al.*, 1963) sur *Ostrinia nubilalis* (HÜBN.) qui insistent sur le caractère longtemps réversible de l'induction de la diapause. Ils ont cependant noté une diminution de la sensibilité avec l'âge, différente d'ailleurs selon que les conditions diapausantes ou non diapausantes ont été appliquées les premières aux chenilles.

Pour le Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.), JERMY (1967) a noté que si la première moitié de la vie larvaire est seule passée en conditions diapausantes, la diapause reste induite, mais dans le cas contraire, l'action tardive des photopériodes courtes diminue le nombre des insectes à développement direct.

MISSENIER (1963) également, sur des diptères, a mis en évidence l'importance de la durée d'exposition aux facteurs, plutôt que du moment précis de l'exposition.

Enfin, nous ne devons pas oublier que l'absence d'action de certains facteurs comme l'alimentation, notée tant par KOMAROVA que par nous, n'est valable que pour les conditions indiquées. En effet DANILEVSKII (1961) a montré que s'ils ne produisent que des décalages très faibles des courbes d'induction de diapause, ils peuvent avoir des répercussions visibles si on se trouve au voisinage de la photopériode critique.

II. — ÉLIMINATION DE LA DIAPAUSE

A. — Résumé des travaux de KOMAROVA

La diapause s'élimine progressivement et on peut obtenir le développement complet, soit à des températures constantes comprises entre 15°C et 30°C, soit après une exposition de 45 jours à des températures comprises entre 0°C et 15°C suivie d'un stage à 25°C.

La mortalité est la plus faible et l'homogénéité des dates d'émergences la plus grande pour 10°C et 15°C. Au-dessus de 25°C et au-dessous de 5°C, la mortalité est considérable. La fécondité des papillons obtenue est nulle dans les séries passées à 30, 25 et 20°C et maximale dans la série passée à 10°C.

B. — Expérimentation en conditions artificielles

Nous avons travaillé sur des chrysalides en diapause dont la date de chrysalidation était connue à une semaine près, ce qui nous a permis de déterminer des durées moyennes de développement contrairement à KOMAROVA qui avait utilisé des diapausants récoltés en vignobles et a donné seulement des dates d'émergences.

1. Élimination de la diapause à température constante.

Nous avons obtenu le développement complet jusqu'à l'émergence à toute température essayée entre 10°C et 25°C. Mais dans tous les cas, les sorties de papillons s'échelonnent un temps très long (tabl. 1).

La mortalité élevée à 10°C ne doit pas être interprétée comme une mauvaise élimination de la diapause, puisqu'elle se retrouve chez les non diapausants d'une part et que nous étions en jours courts d'autre part.

TABLEAU I
Durée du stade chrysalide à différentes températures
(Lots de 50 cocons)

Température (°C).....	10	15	20	24	24
Photopériode en heures de jour/24 h	12	16	16	16	12
<i>1. Chrysalides diapausantes</i>					
Durée moyenne (en jours).....	233	183	137	96	157
Échelonnement de l'émergence (en jours)					
— de 50 p. 100 des adultes.....	25	21	31	31	27
— de 90 p. 100 des adultes.....	84	58	82	82	68
Mortalité (%)	72	28	28	28	69
<i>2. Chrysalides non diapausantes</i>					
Durée moyenne (en jours).....	82	32		9,5	
Échelonnement de l'émergence (en jours)					
— de 50 p. 100 des adultes.....	20	6		2	
— de 90 p. 100 des adultes.....	41	14		4	
Mortalité (%)	51	14		12	

Pour la même température (24°C) en effet, le délai moyen d'émergence est plus court et la mortalité plus faible en jours longs qu'en jours courts.

Toutes les durées de développement sont significativement différentes au seuil de 5 p. 100.

A 5°C, nous n'avons jamais obtenu de sorties de papillons. Les non diapausants conservés à cette température ne manifestent aucun signe de développement, le stage à 24°C nécessaire pour obtenir l'émergence restant supérieur à 9 jours et demi après des séjours de 1 à 6 mois à 5°C et la mortalité passant de 12 p. 100 (témoin) à 47 p. 100 (1-2 mois) pour atteindre 82 p. 100 (6 mois). Le seuil de développement de l'insecte se situe donc entre 5°C et 10°C pour les chrysalides sans diapause.

2. *Élimination de la diapause par exposition de durée limitée à différentes températures, le développement se terminant à 24°C.*

Disposant de matériel comparable (armoires éclairées et réfrigérées à température de condensation au-dessus de 0°C assurant une hygrométrie relative de l'ordre de 70 p. 100) pour 5°C, 10°C et plus tard 15°C, nous avons expérimenté à ces trois températures. Un essai à 3°C dans un réfrigérateur ménager nous ayant donné des

TABLEAU 2
*Élimination de la diapause par passage à basses températures
au moment de la chrysalidation*

Date de l'essai		11-1966		5-67	9-67	10-67	9-1967		
Origine des insectes		Élevage en chambre climatisée					Insectarium		
Température (°C).....		50	10	10	10	10	5	10	15
Périodisme (heures de lumière en 24 h).....		16	16	12	16	16	16	16	16
Durée de l'exposition aux basses températures	0	103	103	157	86	103	96	96	96
	1 mois	78	68	137	46*	70*			
	2 mois	66	38*	89*	26*	35*			
	3 mois	45*	28*	32*	16*	24*			
	4 mois	36	19*	19*	12*	16*	27*	14*	15*
	5 mois	28	15*	12*	11	12*			
	6 mois	19	11*	10*	9*	10*	13*	10*	sortis avant

Les nombres indiquent le délai moyen en jours, nécessaire pour obtenir l'émergence à 24°C après le traitement indiqué.

N.B. — * indique une différence significative au seuil de 5 p. 100 avec la durée de développement observée pour une exposition inférieure de 1 mois (valeur de la ligne supérieure).

De plus, sauf pour la durée d'exposition de 1 mois, les résultats obtenus à 5°C ont toujours été différents au seuil de 5 p. 100 de ceux obtenus à 10°C.

résultats tout à fait différents (mortalité très élevée, pas d'accélération du développement, grande disparité entre les résultats), nous n'avons pas cru possible de comparer des résultats obtenus en utilisant des installations différentes, d'autres conditions, en particulier l'hygrométrie pouvant varier également.

Les expériences ont été reprises plusieurs fois avec des résultats différents. Mais le sens de la variation reste le même dans tous les cas et les valeurs restent voisines lorsque la durée de développement des témoins est identique (essais de novembre 1966 et d'octobre 1967 (tabl. 2).

Le tableau 2 ne donne que des valeurs moyennes. Or, celles-ci recouvrent des réalités différentes. Les témoins, gardés à température constante et les lots n'ayant subi qu'un court passage aux basses températures sont très hétérogènes, alors qu'au-delà de trois mois d'exposition à 10°C, les émergences se regroupent pour atteindre, durant une exposition de 5 mois, l'échelonnement observé avec les non diapausants (80 p. 100 des émergences en 3 jours) (fig. 2). (Pour 6 mois, l'échelonnement augmente

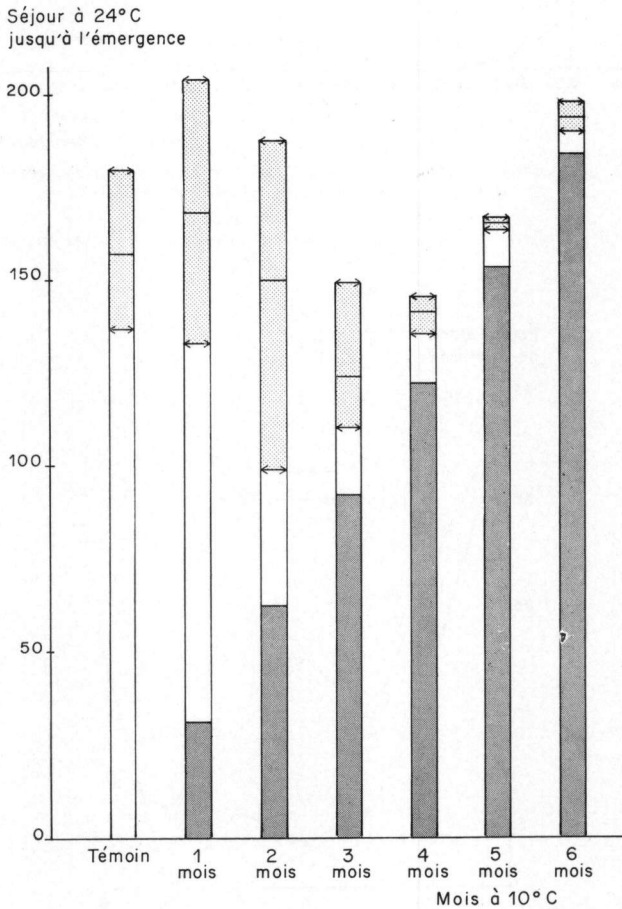


FIG. 2. — Durée du stade chrysalide en fonction de la durée du séjour à 10°C (essai de mai 1967)

en hachures : séjour à 10°C; en blanc : séjour à 24°C; en pointillé : période d'émergence de 80 p. 100 des papillons.

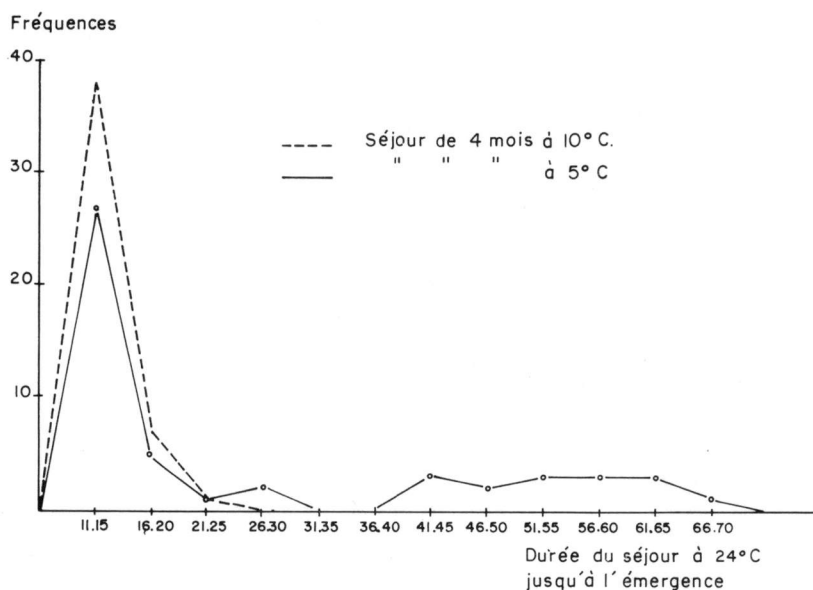


FIG. 3. — *Durée d'exposition à 24°C nécessaire pour obtenir l'émergence après un séjour de 4 mois à 10°C et 5°C*

(essai de septembre 1967)

Nombre de papillons sortis par période de 5 jours de 50 chrysalides mises en expérimentation.

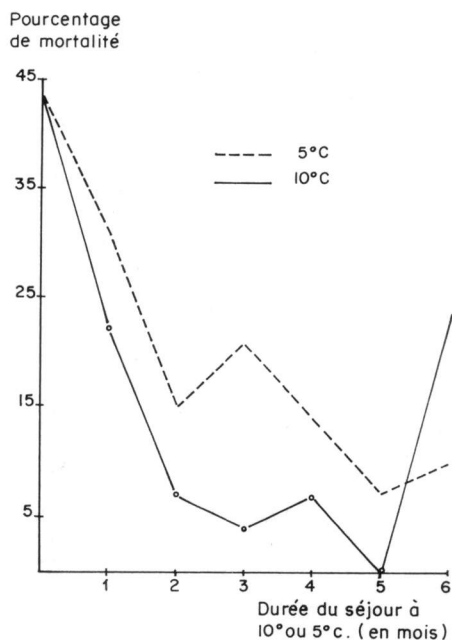


FIG. 4. — *Mortalité lors de l'élimination de la diapause*
(essai de novembre 1966)

légèrement, ce qui est dû à la proximité des dates normales d'émergence en conditions constantes (voir tabl. 1).

Cette hétérogénéité des émergences s'élimine moins vite à 5°C qu'à 10°C. Cela tient à la persistance, à côté de chrysalides arrivées aux mêmes niveaux d'élimination de la diapause qu'à 10°C, d'autres chrysalides restées dans le même état que les témoins, le nombre de ces dernières diminuant d'ailleurs avec la durée du stage à 5°C (fig. 3).

La mortalité a beaucoup varié dans les différents essais. Nous citerons simplement l'essai de 1966 où nous avons essayé à la fois les températures de 5 et de 10°C (fig. 4).

A l'exception des données pour 6 mois qui concernent des insectes devenus hétérogènes par l'approche de l'émergence (voir plus haut), la température de 10°C assure donc une meilleure survie.

Enfin, nous avons noté une diminution importante de la fécondité des papillons obtenus par rapport aux non diapausants. Alors que ces derniers ont donné une moyenne de 99 œufs par femelle (pour 13 répétitions de 2 couples), nous n'en avons eu que 22 pour les femelles réactivées à 5°C et 23 pour celles réactivées à 10°C (respectivement 5 et 10 répétitions de 2 couples).

Les résultats montrent que, s'il est possible de grouper les émergences et d'obtenir davantage de papillons, nous pouvons à peine raccourcir le délai par rapport au délai moyen d'élimination de la diapause à la température constante 24°C (fig. 2) si l'on veut conserver ces deux avantages : le groupement et la faible mortalité.

3. Action de la température sur les chrysalides ayant éliminé la diapause.

Nous avons choisi la température de 5°C pour éliminer la diapause parce que le développement ne reprend pas ou reprend à peine dans ces conditions mais après un séjour de six mois il est resté une proportion notable de chrysalides non réactivées, si bien que dans tous les cas nous avons une série d'émergences bien groupées puis

TABLEAU 3

Durée du séjour nécessaire pour obtenir l'émergence de chrysalides maintenues six mois à 5°C (Lots de 50)

Température de l'essai (°C)	Durée moyenne (en jours)	Séries	P. 100 dans chaque série	Moyenne de chaque série (en jours)
24	20	1. De 12 à 18 jours 2. De 63 à 73 jours	83 7	13,5 68
19	25	1. De 19 à 25 jours 2. De 27 à 64 jours	83 7	20 48
15	67	1. De 41 à 59 jours 2. De 77 à 115 jours	59 41	49 93
10	109	1. De 81 à 117 jours 2. De 130 à 172 jours	52 48	96 143

après une interruption, une autre série moins abondante et très échelonnée. Ce second groupe est plus important pour les températures les plus basses (tabl. 3).

La comparaison des moyennes des premières séries, correspondant aux insectes dont la diapause paraît avoir été éliminée par le séjour de 6 mois à 5°C, avec les durées correspondantes pour des chrysalides sans diapause (tabl. 1) montre qu'il subsiste une différence importante, d'environ la moitié de la durée de chrysalidation des non diapausants. Cela tend à indiquer que la physiologie d'une chrysalide diapausante, après un séjour aux basses températures suffisant pour la réactiver, n'est pas identique à celle d'une chrysalide non diapausante.

C. — *Expériences en conditions naturelles*

Dès leur formation (le 11 et le 12 octobre pour le premier lot, du 20 au 24 pour le second), les chrysalides étaient placées en insectarium. A intervalles réguliers, s'échelonnant de 1 à 6 mois 1/2 après cette date, des insectes étaient retirés et mis à 24°C pour compléter leur développement jusqu'à l'émergence (fig. 5). Nous avons dans le graphique négligé les émergences précoces isolées et représenté la période s'étendant entre le début des émergences groupées et la date où 80 p. 100 des papillons sont sortis.

Au cours de l'hiver, nous distinguons trois périodes. D'abord jusque vers le 20 février : la durée d'exposition complémentaire à 24°C diminue d'un prélèvement à l'autre, la diapause s'élimine. Ensuite, pendant un mois environ, elles se stabilisent aux alentours de 15 jours, justement dans l'intervalle (12 à 18 jours) où se situent les durées de séjour à 24°C nécessaires pour achever le développement des chrysalides ayant passé 6 mois à 5°C et considérées comme ayant éliminé leur diapause (voir tabl. 2). Nous pouvons donc penser que vers le 20 février, la diapause est éliminée mais que le développement ne se poursuit que très lentement. Pendant les deux premières périodes, l'élimination de la diapause se déroule en insectarium à peu près comme à température constante 10°C. A partir du 20 mars, les durées complémentaires à 24°C diminuent rapidement jusqu'à ce que l'émergence se produise en insectarium, du 30 avril au 20 mai (moyenne 6 mai). Le développement s'accélère au moment du retour à des températures moyennes supérieures à 10°C avec des maximums supérieurs à 15°C.

Un essai complémentaire a consisté à garder 50 chrysalides à 5°C jusqu'au 10 avril et à les placer alors en insectarium. Trente-cinq ont donné des papillons du 12 au 28 mai (moyenne 18 mai) et 3 les 8, 18 et 19 juin. Les témoins ayant passé tout l'hiver en insectarium ont émergé du 30 avril au 20 mai (moyenne 6 mai). Cela confirme que ces derniers avaient déjà commencé à reprendre leur développement, puisque dans les mêmes conditions, depuis le 10 avril, ils sont sortis avant les insectes gardés en arrêt de développement par la température.

D. — *Discussion*

L'élimination de la diapause à température constante élevée (20-25°C) est plus rapide et plus complète en photopériode longue qu'en photopériode courte. Nous retrouvons en moins marqué le phénomène mis en évidence par McLEOD et BECK (1963) sur *Ostrinia nubilalis*. Avec ce dernier insecte, le développement reprend presque aussi-

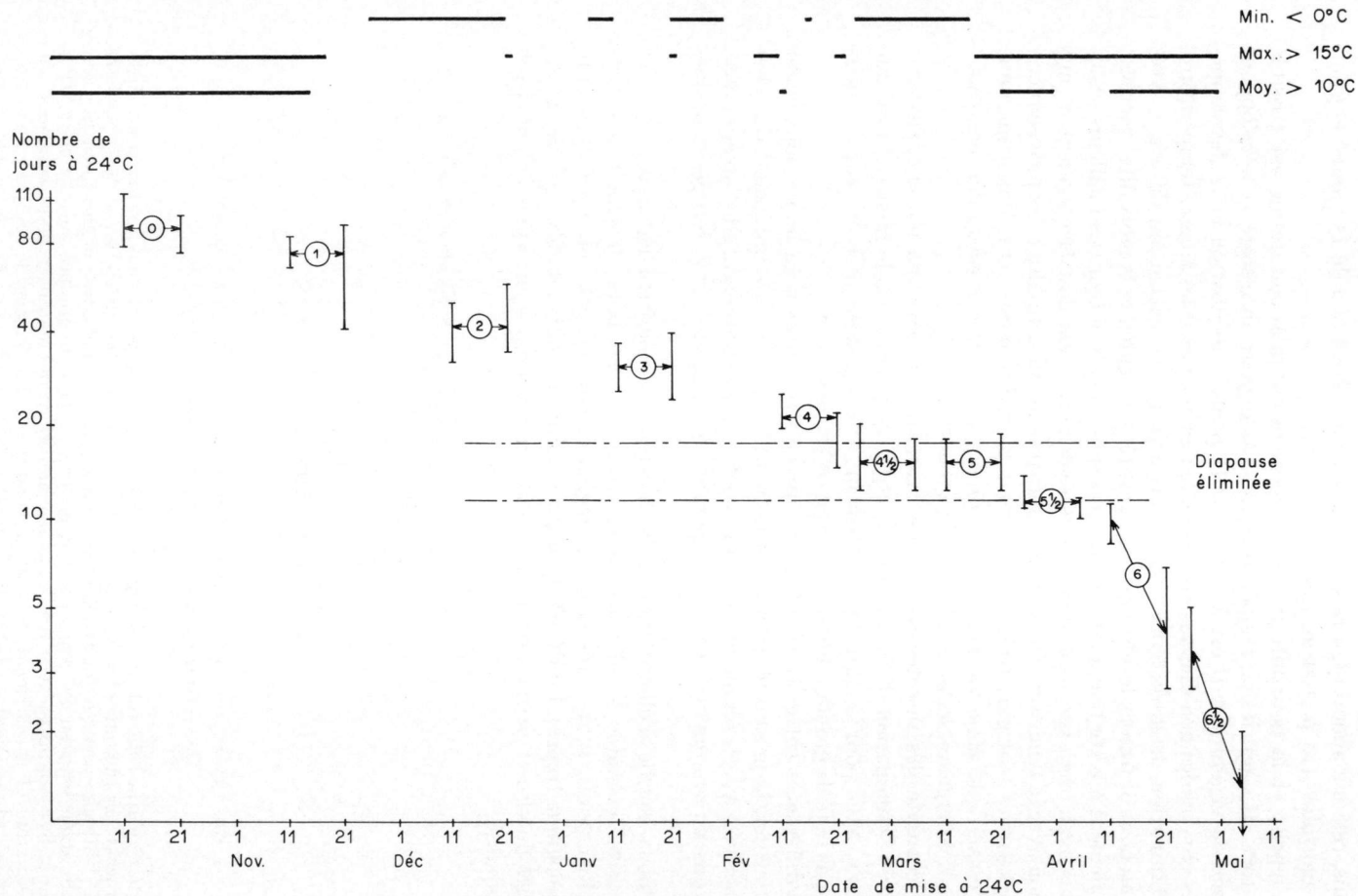


FIG. 5. — Élimination de la diapause en insectarium en 1967-68
(coordonnées logarithmiques)

La durée en mois du séjour en insectarium est indiquée par le chiffre encadré. Les traits verticaux représentent le séjour complémentaire à 24°C pour obtenir le papillon.
Les indications météorologiques portées dans la partie supérieure concernent les températures minimales, maximales et moyennes par période de 5 jours.

tôt en photopériode longue et à n'importe quel moment de la diapause, tandis qu'avec l'Eudémis, cela n'a abouti qu'à raccourcir les délais (96 au lieu de 157 jours) et diminuer la mortalité (28 p. 100 au lieu de 69 p. 100).

La reprise et la poursuite du développement jusqu'à son terme est possible jusqu'à 10°C. Il s'agit d'une température très basse pour un insecte se développant en période de végétation. Il est à noter que la ponte, l'incubation et le développement des chrysalides non diapausantes sont également possibles à cette température.

L'élimination de la diapause est optimale pour une exposition de 4 à 5 mois à 10°C ; au bout de 6 mois, le développement est plus irrégulier et la mortalité remonte. C'est également à cette température que KOMAROVA avait obtenu ses meilleurs résultats, mais avec une exposition de 45 jours seulement. Cela doit être également mis en relation avec la tendance différente à la diapause des insectes des deux provenances. A 5°C, les sorties sont plus irrégulières mais la mortalité n'est pas si importante que dans les essais de KOMAROVA. Peut-être, en prolongeant l'exposition au-delà de 6 mois, les dates d'émergence seraient-elles mieux groupées.

La fécondité des insectes obtenus est faible par rapport aux non-diapausants ; mais, après l'élimination de la diapause à 10°C, nous obtenons le même chiffre que KOMAROVA. Mais pour ce caractère également, et contrairement à cet auteur, nous n'avons pas noté de grandes différences entre 5°C et 10°C.

Les différences entre nos résultats et ceux de KOMAROVA pour le développement à 10°C continu, la mortalité à 5°C et la fécondité des papillons provenant des chenilles réactivées à cette température sont peut-être dues à la différence de l'appareillage. Nous avons vu son importance en comparant nos enceintes à un réfrigérateur ménager.

Enfin la courbe d'élimination de la diapause en condition naturelle, avec ses trois phases, ressemble à celle que nous avons obtenue pour *Grapholitha molesta* BUSCK (ROEHRICH, 1961) dans la même région et rend compte, en plus du phénomène biologique (reprise du développement possible au milieu de février), des caractéristiques du climat permettant la poursuite du développement après l'élimination de la diapause.

Reçu pour publication en juin 1969.

SUMMARY

THE DIAPAUSE OF THE VINE EUDEMIS (*LOBESIA BOTRANA* SCHIFF.)

(LEP. *TORTRICIDAE* : INDUCTION AND ELIMINATION)

We have verified the role of short photoperiods (8 or 12 hours per day) in the onset of the diapause whatever the nutrition. We have shown that it must be applied for at least half the larval life, without special sensitization of the initial stages. Elimination of this diapause may be brought about between 5°C and 24°C, but the emergencies are grouped and the mortality is lower four or five months spent at 10°C. A long photoperiod (16 hours after) gives more rapid and fuller restoration of development. In natural conditions, the diapause is gradually eliminated from October to the middle of February. From this date, development may be hastened under the direct action of temperature.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BECK S. D., 1968. *Insect photoperiodism*. Acad. Press. N. Y., 288 pages.
- BECK S. D., CLOUTIER E. J., Mc LEOD D. G. R., 1962. Photoperiod and insect development. *Proc. 23rd Biol. Col. Oregon State Univ.*, 43-64.
- BECK S. D., HANEC W., 1960. Diapause in the European corn borer *Pyrausta nubilalis* HBN. *J. Insect Physiol.*, **4**, 304-318.
- BOVEY P., 1966. *Superfamille des Tortricioidea* in : BALACHOWSKY. *Entomologie appliquée à l'agriculture*, 466-893. Masson édit. Paris.
- DANILEVSKII A. S., 1961. *Photoperiodism and seasonal development of Insects* (en russe, traduction anglaise), OLIVER and BOYD, Edinburgh and London, 1965, 283 pages.
- JERMY T., 1967. Experiments on the factors governing diapause in Codling Moth *Cydia pomonella* L. (*Lepidoptera Tortricidae*). *Acta Phytopathol.*, **2**, 49-60 Budapest.
- KOMAROVA O. C., 1954. Cycle vital et condition de développement de *Polychrosis botrana* SCHIFF (en russe). *Zool. Zhurn*, **32**, 102-113.
- LEES A. D., 1955. *The physiology of diapause in Arthropods*. 151 pages. Univ. Press, Cambridge.
- Mc LEOD D. G. R., BECK S. D., 1963. Photoperiodic termination of diapause in an Insect. *Biol. Bull.* **124**, 84-96.
- MISSENNIER J., 1963. Étude écologique du développement nymphal de deux diptères muscides phytophages : *Pegomya betae* CURTIS et *Chortophila brassicae* BOUCHE. *Ann. Épiphyties*, n° hors série 1, 186 pages.
- ROEHRICH R., 1961. Contribution à l'étude écologique des populations de la Tordeuse du Pêcher (*Grapholitha molesta* BUSCK). *Ann. Épiphyties*, n° hors série 1, 114 pages.
- ROEHRICH R., 1967. Élevage des chenilles de l'Eudémis (*Lobesia botrana* SCHIFF) sur des aliments naturels de remplacement. *Rev. Zool. agric.*, **66**, 111-115.
-

EXTENSION D'UN FOYER ET DISPERSION DES POPULATIONS D'UNE TORDEUSE (*CNEPHASIA PUMICANA* ZELLER, LÉPIDOPTÈRE *TORTRICIDAE*)

J.-P. CHAMBON

avec la collaboration technique de G. GENESTIER

Station centrale de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, 78 - Versailles
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

Après avoir rappelé brièvement le cycle évolutif et précisé le comportement particulier des larves, l'auteur apporte des informations nouvelles concernant le mode de dispersion des larves au premier stade de *Cnephasia pumicana* ZELLER. La technique utilisée pour le piégeage des larves est exposée. Par comparaison avec les données climatiques, les résultats permettent de préciser le rôle du vent sur la dispersion des larves et la progression de l'aire de dégâts du ravageur.

INTRODUCTION

Les *Cnephasia*, d'origine exclusivement paléarctique (P. BOVEY, 1966), sont de petites tordeuses dont l'aspect extérieur est assez homogène. La séparation des diverses espèces est essentiellement basée, à l'heure actuelle, sur la morphologie des pièces génitales. Généralement, ces insectes sont considérés comme très polyphages et peu importants sur le plan économique.

On compte trente-cinq espèces en Europe dont seulement cinq ou six présentent un intérêt économique, mais dont la biologie et l'écologie sont peu ou pas connues. Citons *Cnephasia longana* HAW., *C. virgaureana* TR., *C. chrysanthæana* DUP., *C. incertana* TREIT., *C. pumicana* ZELL.

Cette dernière espèce commet depuis 1964 des dégâts économiquement appréciables, principalement dans les cultures céréalières (blé, orge, avoine). Nous l'avons

trouvée également vivant aux dépens du lin, de la luzerne et de beaucoup d'autres plantes cultivées ou adventices des cultures, au moins au cours de sa période de vie en mineuse de parenchyme foliaire (betterave, ray-grass, dactyle, véronique, alpiste, houlque laineuse, vulpin, etc.). Ces remarques confirment le caractère polyphage que l'on attribue aux espèces du genre *Cnephasia*.

Au cours des dernières années nous avons pu faire, tant au laboratoire que sur le terrain, un certain nombre d'observations sur cet insecte dont la biologie et l'écologie étaient inconnues. Les renseignements réunis permettront, par la connaissance de l'éthologie et des exigences écologiques de l'espèce, d'entrevoir ses possibilités d'extension et les dangers qu'elle fait courir à nos régions céréalières.

EXTENSION DE L'AIRE DES DÉGÂTS (fig. 1)

La délimitation annuelle de l'aire des dégâts de *C. pumicana* a été entreprise dès 1965, date à laquelle l'I. N. R. A. a été saisi du problème. Ce travail s'est accompagné d'une enquête auprès des agriculteurs, de façon à localiser la zone présumée être le foyer primaire de l'infestation et à préciser la date de son apparition.

Il ressort de cette enquête que les premières manifestations du ravageur ont été constatées au cours de la campagne agricole 1963-64 dans un secteur très réduit, limitrophe de la Seine-et-Marne et du Loiret, englobant les communes de Buthiers, Boulancourt (Seine-et-Marne), Labrosse et Filay-Coudray (Loiret).

L'étude de l'extension de l'aire des dégâts de *C. pumicana* a été réalisée par prospection directe sur le terrain au cours des mois d'avril et de mai.

La rareté des mines foliaires, trouvées dans les champs de céréales voisins de foyers éventuels de dispersion, permet de déterminer la limite annuelle de l'étendue concernée.

Par ailleurs, les renseignements fournis par des organismes agricoles et la réception d'échantillons infestés ont permis de compléter les données obtenues par une prospection qui ne peut être exhaustive.

De 1965 à 1968 l'aire de dégâts de *C. pumicana* ZELL. s'est étendue constamment. Pour chaque année, nous l'avons délimitée grâce à une ligne fermée passant par un certain nombre de communes où l'insecte était extrêmement rare.

Nous voyons ainsi, que partie du Gâtinais, *C. pumicana* a envahi une grande partie de la Beauce en l'espace de quatre années.

En 1965 : Malesherbes (Loiret), Rumont, Fromont (Seine-et-Marne), Puisieux Aulnay-la-Rivière, Ramoulu, Orveaux, (Loiret).

En 1966 : La Chapelle-la-Reine, Larchant, Bonnevault, Obsonville, Gironville (Seine-et-Marne), Échilleuse, Intville, Pithiviers, Basainville, Allainville en Beauce, Andonville (Loiret), Méréville, Mespuits, Gironville-sur-Essonne (Essonne), Tousson (Seine-et-Marne).

En 1967 : Montlhéry, Brétigny-sur-Orge, Fontenay-le-Vicomte, Mondeville, Milly-la-Forêt (Essonne), Ury, Puiset, Maisoncelle-en-Gâtinais, Mondreville (Seine-et-Marne), Sceaux-du-Gâtinais, Corbeil, Lorcy, Egry, Courcelles, Ascoux, Bazoche-les-Gaillerandes, Artenay, Saint-Peray, Villamblain (Loiret), Péronville,

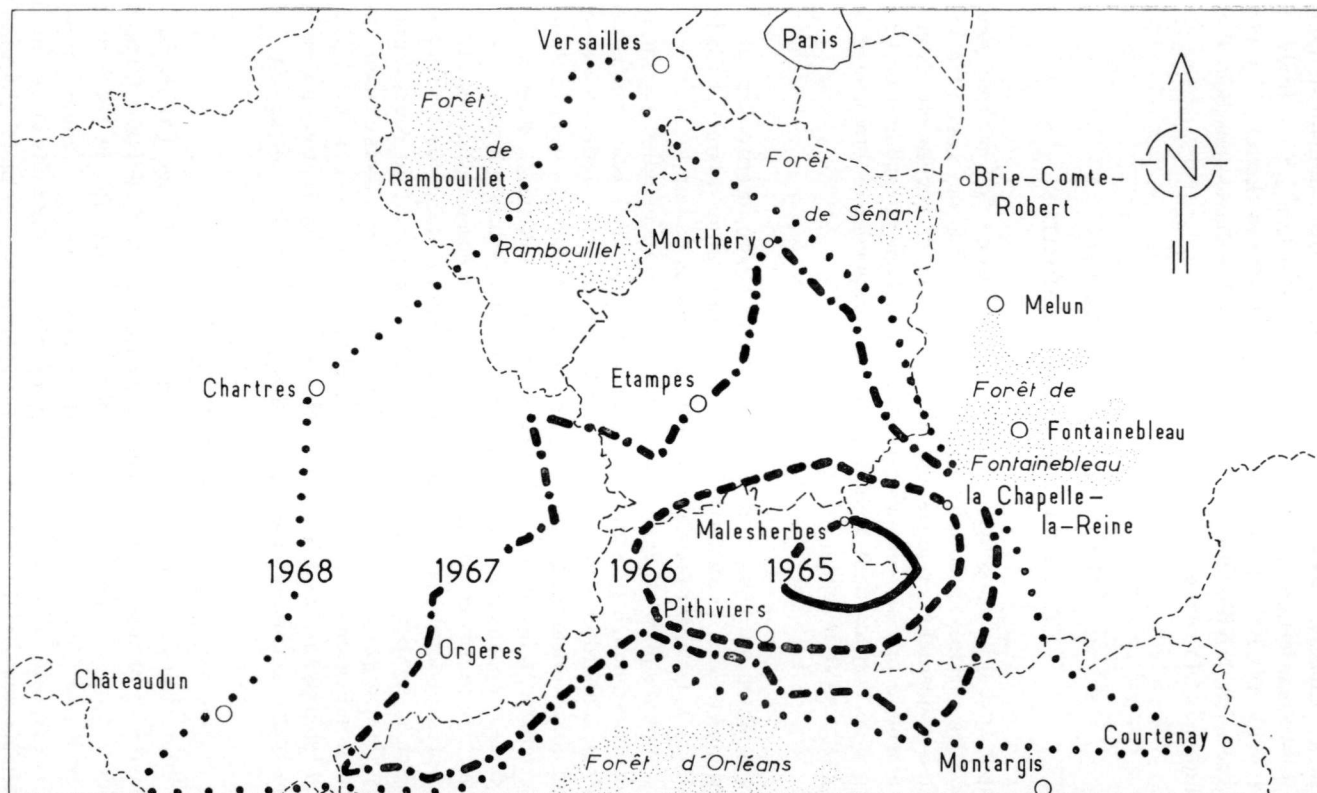


FIG. 1. — Extension de l'aire de dégâts de *Cnephasia pumicana* ZELL. depuis 1965.

Orgères-en-Beauce, Viabon, Mérouville, Sainville (Eure-et-Loir), Mondésir, Étampes (Essonne).

En 1968 : Chartres, Meslay-le-Vidame, Moriers, Saint-Maur-sur-le-Loir, Châteaudun, Cloyes-sur-le-Loir, la Ferté-Villeneuve (Eure-et-Loir), Nids, Bricy, Trinay, Izy, Bouzonville-aux-Bois, Juranville, Courtenay, Dordives (Loiret), Ury (Seine-et-Marne), Avernaux, la Ville-du-Bois, Orsay (Essonne), Les Clayes-sous-Bois, Pontchartrain, Rambouillet (Yvelines).

ÉTUDE DES DÉPLACEMENTS ET DE LA DISPERSION LARVAIRE

L'importance des dégâts dus aux récentes pullulations de *Cnephasia pumicana*, l'extension des surfaces intéressées par ce ravageur, nous ont conduit à faire des observations concernant les modalités de déplacement de cet insecte. Nous avons ainsi été amenés à préciser certains aspects de la biologie et quelques particularités éthologiques de l'espèce dont tout d'abord nous rappellerons brièvement le cycle évolutif (J.-P. CHAMBON 1966).

Cycle évolutif

Dans la région qui nous intéresse actuellement (1968) inscrite dans un triangle dont les sommets sont Pontchartrain (Yvelines), Courtenay (Loiret) et Châteaudun (Eure-et-Loir), le ravageur présente une seule génération par an.

Les jeunes chenilles atteignent des cultures très variées telles que lin, luzerne, céréales, de mars à mai, le plus grand nombre arrivant en avril. Elles évoluent sur leur plantes-hôtes, d'abord en « mineuses de feuille » ensuite en « tordeuses » et se nymphosent en place vers la fin du mois de juin. Les adultes apparaissent courant juillet et vont se réfugier à la tombée de la nuit dans les bois et taillis situés à proximité des lieux de développement des larves. Ils restent inactifs durant le jour, pour reprendre leur activité le soir et pondre sur les écorces rugueuses des troncs et branches d'arbres. Après un développement embryonnaire, dont la durée varie de 10 à 15 jours environ selon la température, les larves éclosent et gagnent, au cours d'une brève période de vie errante, des abris sous les écorces. Elles tissent alors chacune un *hibernaculum* à l'intérieur duquel elles vont estiver et ensuite hiverner en état de diapause, jusqu'au printemps suivant. C'est à cette époque, que les larves, toujours au premier stade, présentent un comportement particulier permettant leur dispersion.

Comportement particulier

Des observations au laboratoire ont permis de voir que dès leur reprise d'activité, les larves au premier stade gagnent la partie éclairée du support (branche) sur lequel elles se trouvent. Cette première phase de leur activité est liée à un phototactisme positif bien marqué. Ensuite elles se dirigent vers le sommet du support. Cette phase « errante » dure de cinq à vingt minutes et permet aux larves, au hasard de leurs déplacements, d'atteindre une partie de branche en surplomb. Là, elles fixent un fil de soie au substrat, se redressent sur leurs pattes anales de façon à étirer le fil. Les pattes anales lâchent alors prise et les larves se retrouvent ainsi suspendues dans

le vide par un fil qui, continuant à s'étirer, peut atteindre 5 à 15 centimètres. Dans cette position la moindre turbulence de l'air les emporte à bonne distance, après rupture du fil.

D'autres observations de laboratoire ont été faites en atmosphère calme ; les larves restent alors suspendues un certain temps et n'ayant pas été entraînées remontent jusqu'au support pour recommencer leur manège.

Ces observations permettent de supposer que dès leur reprise d'activité les larves, difficilement observables directement du fait de leur taille réduite (1 mm de long, 2/10 mm de large), présentent dans la nature un comportement identique à celui observé au laboratoire. L'atmosphère en nature n'étant jamais parfaitement calme, elles seraient ainsi dispersées par le vent sur des distances considérables, comme certaines petites araignées, par « vol passif ».

Mise au point du piègeage

Dans le but de vérifier cette hypothèse nous avons été amenés, à envisager la possibilité d'une capture des larves au cours de leur dispersion avec des pièges gluants. L'efficacité de tels pièges est fonction du comportement de l'insecte d'une façon générale, mais tout particulièrement de son comportement à leur rencontre.

Dans le cas présent, le caractère essentiellement passif du déplacement aérien des chenilles nous a permis de ne pas tenir compte de l'attractivité possible du piège à réaliser. Trois points ont été pris en considération : la dimension des pièges, leur perméabilité aux courants aériens et leur disposition sur le terrain.

a) Dimension du piège.

Il a été montré (M. ROTH, J. GUTIERREZ, G. COUTURIER, 1968) que la dimension du piège avait une influence très nette sur le nombre des captures. Dans le cas qui nous intéresse ici, des considérations d'ordre pratique, liées à la commodité de transport et à la facilité de manipulation nous ont conduits à construire des pièges de taille modeste. Chaque piège est constitué d'un cadre en bois de 60 × 60 cm, sur lequel est tendue une toile de mousseline. Sur la toile sont étalées trois bandes de glu de 10 cm de large sur 50 cm de long soit pour un piège une surface de capture de 1 500 cm².

b) Perméabilité aux courants aériens.

On sait qu'une surface imperméable dévie fortement les courants d'air et par conséquent a peu de chance de capturer des insectes transportés passivement. Pour cette raison les bandes de glu étalées sur la mousseline sont séparées d'intervalles non obturés, la glu ne couvrant environ que la moitié de la surface du piège. Cette précaution permet au vent de passer au travers, ce qui a pour conséquence de ne pas dévier les courants aériens. La passivité totale des chenilles sur leur trajectoire a permis de ne pas prendre en considération la perméabilité à la lumière qui est un facteur influent pour d'autres espèces.

c) Disposition des pièges.

Ils sont fixés sur des piquets par un dispositif métallique simple permettant d'enlever et de remettre les cadres pour les contrôles.

En 1967, 1968 et 1969 ils ont été disposés à la Chapelle-la-Reine (Seine-et-Marne) autour d'un bois reconnu comme étant un lieu ayant reçu de nombreuses pontes et abritant un grand nombre de larves en repos, à partir duquel devait s'effectuer la dispersion.

Deux types d'observations ont été réalisés. Dans un premier temps on a essayé de montrer jusqu'à quelle distance et à quelle hauteur on pouvait capturer des chenilles. Pour ce faire, les pièges ont été placés sur trois lignes respectivement distantes du foyer de 15 m, 30 m et 45 m ; sur chacune de ces lignes les pièges étaient situés à des hauteurs différentes : 1 m, 1,5 m et 2 m.

Dans un deuxième temps, en plaçant les pièges aux quatre points cardinaux du foyer, nous avons voulu préciser quelle était la direction principale du déplacement des chenilles transportées par le vent, durant la période de reprise d'activité.

Résultats des piégeages

a) Importance des captures en fonction de la distance et de la hauteur des pièges.

Le tableau 1 représente le relevé des captures de 1967. Les pièges avaient été placés au nord du bois à partir du 22 mars 1967, c'est-à-dire peu après le début de la reprise d'activité des larves.

TABLEAU 1

Dates des relevés	Éloignement du foyer de dispersion									Total des captures par semaine
	15 mètres			30 mètres			45 mètres			
	Hauteur du piège			Hauteur du piège			Hauteur du piège			
	1 m	1,5 m	2 m	1 m	1,5 m	2 m	1 m	1,5 m	2 m	
29-3-67	43	56	103	30	29	35	22	28	30	376
5-4-67	39	18	24	9	9	10	10	7	12	138
12-4-67	144	135	183	79	66	89	81	79	68	924
19-4-67	94	107	74	40	72	81	84	56	78	686
26-4-67	49	54	72	22	28	19	13	8	10	275
3-5-67	3	2	7	0	2	1	4	0	2	21
10-5-67	1	0	2	2	1	0	1	3	2	12
17-5-67	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2
Total par hau- teur	373	373	465	182	208	235	215	181	202	
Total par dis- tance	1 211			625			598			Total général 2 334

L'examen de ces chiffres nous montre de façon évidente que c'est à 15 mètres du foyer que les captures sont les plus importantes et qu'elles sont réduites environ de moitié à 30 et 45 mètres.

Le nombre de larves capturées à 45 m est voisin du nombre de celles capturées à 30 m. Notons également, malgré de légères différences, que pour chaque ligne de pièges les captures sont sensiblement voisines, quelle que soit la hauteur du cadre. Ces remarques nous permettent de penser, avec quelque raison, malgré l'absence de piégeage à des distances plus grandes du lieu de dispersion, qu'un bon nombre de larves peut être entraîné à de grandes distances par les courants aériens.

La réduction du nombre de larves capturées au-delà de 15 m s'explique par la turbulence de l'air qui se produit en lisière. Le bois, autour duquel est effectué le piégeage des larves, mesurant environ 40 m de largeur sur 100 m de longueur et 8 m de hauteur peut être comparé à un brise-vent dont la perméabilité aux courants aériens est faible. On connaît d'après les travaux de T. LEWIS (1967, 1968) et

T. LEWIS, J. W. STEPHENSON (1966) (fig. 2) le rôle joué par les brise-vent sur les concentrations d'insectes, qui sont d'autant plus importantes et rapprochées du brise-vent que celui-ci est plus imperméable. La présence du brise-vent se traduit par l'appar-

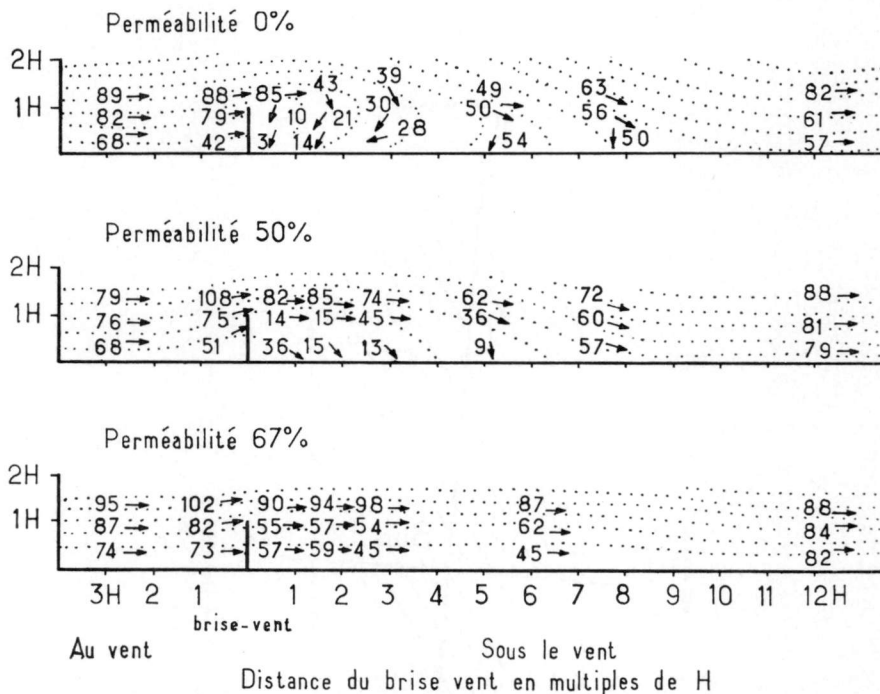


FIG. 2. — Diagramme des courants aériens, près de brise-vent de hauteur H et de perméabilités différentes, montrant la direction et la vitesse du vent exprimées en p. 100 de la vitesse du vent libre (d'après HALBERG, T. LEWIS J. W. STEPHENSON, 1966).

rition de courants aériens de sens contraire à la direction du vent et dirigés de haut en bas, qui ont pour conséquence de plaquer au sol les éléments transportés comme ce pourrait être le cas des chenilles de *Cnephasia pumicana*.

Les chiffres obtenus grâce à nos piégeages correspondent, sachant que la hauteur H du bois est d'environ 8 m, à un brise-vent très peu perméable (environ 25 p. 100), car nous avons à une distance $2H$ (15 m environ) une forte concentration de chenilles et aux distances $4H$ et $6H$ le nombre des captures est réduit de moitié.

Des observations réalisées sur le terrain, en ce qui concerne le taux d'infestation des champs corroborent les constatations faites à la suite du piégeage. On note ainsi une densité de population décroissant régulièrement avec l'éloignement du lieu de dispersion, l'infestation en lisière de bois pouvant être considérable.

b) Importance des captures en fonction de la direction des vents.

En 1968, pour étudier ce point, les pièges ont été disposés face aux quatre côtés d'un bois rectangulaire comme le montre la figure 3. Les pièges sont en ligne à environ 15 m des lisières du bois et sur chaque ligne ils sont situés à trois hauteurs : 1 m, 1,5 m, 2 m.

Le tableau 2 représente les captures hebdomadaires aux quatre points cardinaux. Nous avons additionné les chiffres obtenus aux trois niveaux pour chaque point, car ils sont sensiblement identiques et leur détail n'apporterait pas de précisions supplémentaires.

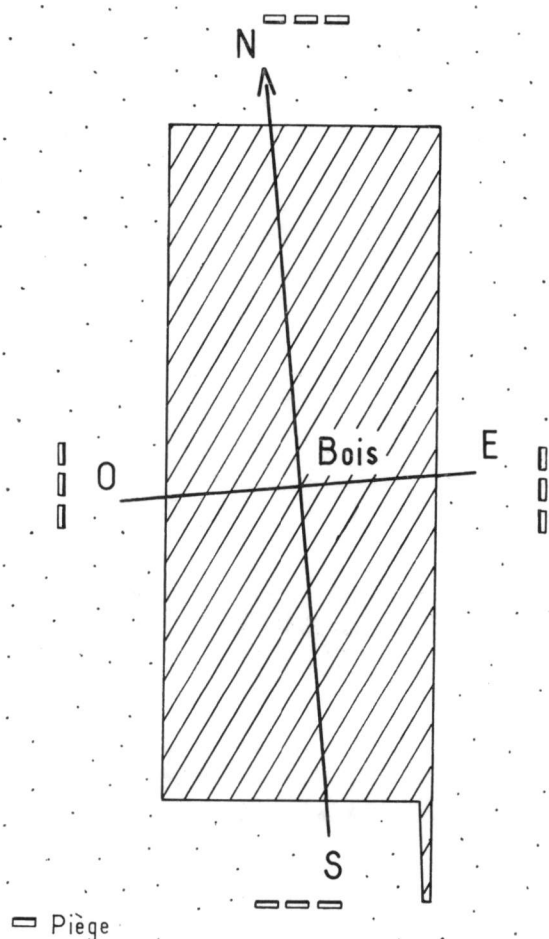


FIG. 3. — Orientation du bois (foyer de dispersion) et situation des pièges.

L'examen de ces chiffres montre de façon évidente que les pièges qui ont retenu le plus grand nombre de chenilles sont ceux situés à l'ouest et au sud du bois. La présence d'un certain nombre de larves sur les pièges est et nord, peut s'expliquer par la nature de l'élément vecteur qui est essentiellement instable.

On peut noter par ailleurs que l'orientation principale de la dispersion annuelle concorde avec l'orientation de l'extension de l'aire de dégâts du ravageur qui, en 1968, s'étend de plus en plus vers l'Ouest.

Pour établir une relation entre d'une part, le sens dominant de la dispersion annuelle, l'orientation de l'extension de la zone infestée et d'autre part la direction principale des vents au cours de la période de piégeage, nous avons en 1969 mis en service un anémomètre-girouette-enregistreur à la Chapelle-la-Reine où les obser-

TABLEAU 2
Relevé des captures par piégeage (1968)

Date des relevés	Situation des pièges par rapport au bois				Direction principale de la dispersion
	Nord	Est	Sud	Ouest	
13-3-68	0	1	4	1	S
20-3-68	0	0	1	0	S
27-3-68	37	18	62	106	S.-O.
3-4-68	162	205	209	451	O
10-4-68	3	8	326	113	S
17-4-68	168	62	661	949	S.-O.
24-4-68	204	49	448	556	S.-O.
1-5-68	1	5	9	6	S
8-5-68	9	4	3	9	S
15-5-68	3	4	0	1	N
Totaux partiels	587	356	1 723	2 192	

vations sont poursuivies. Cet appareil nous fournit un enregistrement continu de la vitesse et de la direction du vent. Ces données permettent, semaine par semaine, d'établir la relation existant entre la direction des vents et le sens de la dispersion déterminé par l'abondance relative des captures aux quatre points cardinaux.

Le tableau 3 représente le relevé des captures hebdomadaires aux quatre points cardinaux juxtaposé à la direction des vents dominants au cours de la semaine correspondante. Nous entendons par direction des vents dominants, le sens où le vent souffle et non d'où il vient.

TABLEAU 3
Relevé des captures par piégeage (1969)

Semaine de piégeage	Situation des pièges par rapport au bois				Direction des vents dominants	Direction principale de la dispersion
	Nord	Sud	Est	Ouest		
18-3 au 25-3	3	21	3	28	S.-O.	S.-O.
25-3 au 1-4	0	2	9	0	E.	E.
1-4 au 8-4	17	196	36	232	S.-O.	S.-O.
8-4 au 15-4	24	56	136	1	S.-E.	E.-S.-E.
15-4 au 22-4	60	178	209	119	S.-E.	S.-E.
22-4 au 29-4	74	12	83	42	N.-E.	N.-E.
29-4 au 6-5	0	7	2	10	S.-O.	S.-O.
6-5 au 13-5	0	0	0	0		
Totaux	178	372	478	432		

A la suite de ces notations nous pouvons dire que le sens de la dispersion et, de ce fait, le sens de la progression géographique de l'espèce *C. pumicana* est lié à la direction dominante des vents soufflant durant la période de reprise d'activité des larves au printemps.

Si nous comparons les relevés des captures de 1968 et 1969, nous voyons qu'en 1968 le maximum des captures étaient à l'ouest ce qui a correspondu à une progression géographique vers l'Ouest. En 1969 le plus grand nombre de captures a été enregistré à l'est : la progression de l'aire d'infestation a dû se faire vers l'Est. Ceci a été confirmé par la prospection réalisée sur le terrain, qui a permis de déceler la présence de l'espèce dans la région de Brie-Comte-Robert en Seine-et-Marne.

CONCLUSIONS

Les premières données concernant la répartition géographique et le mode de dispersion des larves au premier stade de *Cnephasia pumicana* permettent de tirer un certain nombre de conclusions.

La progression spatio-temporelle de ce ravageur est réalisée par une succession de bonds annuels au moment de la reprise d'activité des larves au printemps (mars à mai). Au cours de cinq années d'enquête sur l'extension de la zone d'occupation par l'insecte, on a constaté de 1965 à 1968 un envahissement vers l'Ouest, dû au fait que les vents dominants soufflaient vers l'Ouest ; par contre, en 1969, les vents dominants ayant soufflé vers l'Est, la progression s'est faite vers l'Est.

La présence de buissons, taillis, boqueteaux, permet aux adultes issus des larves nouvellement arrivées dans un secteur de retrouver les conditions écologiques favorables à l'espèce (abri pour le repos diurne, substrat de ponte nécessaire à leur activité reproductrice nocturne ; de même, les jeunes larves issues de ces pontes trouveront elles aussi des conditions de milieu favorables à leur hibernation). C'est à partir de ces nouveaux foyers qu'au printemps suivant les chenilles seront dispersées et que l'aire des dégâts s'étendra.

L'étude des mouvements des populations larvaires permet de considérer deux types de déplacements. En effet, le mode de dispersion des larves est tel qu'une fraction de la population est transportée à grande distance ; l'autre par l'effet des turbulences de l'air en lisière de bois ne se déplace que très peu et se développera dans les champs ayant déjà abrité la génération précédente.

En résumé, le vent permet la dissémination de l'espèce tout en la maintenant en partie sur son aire de départ.

L'étude des rares données bibliographiques concernant *C. pumicana* fait ressortir son origine méridionale. En effet, cet insecte décrit par P. C. ZELLER en 1847 a été capturé près de Syracuse le 12 mai et le 7 juin. L. LHOMME (1935), dans son catalogue des Lépidoptères de France, signale l'espèce dans l'Hérault et les Hautes-Pyrénées. Enfin J. RAZOWSKY (1959) précise que les exemplaires qu'il a étudiés, du point de vue systématique, ont été récoltés en Italie (Bologne), en Grèce (Rhodes) et en Tripolitaine.

On peut supposer à la suite de nos observations sur le mode de déplacement de cette tordeuse, qu'à la faveur d'un transport aérien elle ait « atterri » dans le Gâtinais,

région de culture céréalière favorisant d'une part l'accroissement de son potentiel de multiplication, et répondant d'autre part, par la présence de bois et taillis, aux exigences écologiques du ravageur.

Le mode de dispersion des jeune larves de *C. pumicana* par le vent n'est pas un cas isolé chez les insectes et R. G. ROSENTIEL, G. R. FERGUSON et D. C. MOTE (1944) avaient remarqué ce phénomène chez *Cnephasia longana*.

La mise en évidence, par piégeage, de la dissémination par le vent des chenilles de *C. pumicana* a permis de montrer le mécanisme de l'extension de l'aire envahie à partir du foyer primaire. En outre, l'utilisation des données obtenues permet d'étudier les fluctuations des populations sur plusieurs années, de suivre la direction de leurs déplacements, et de fournir les bases scientifiques des avertissements agricoles nécessaires à une lutte rationnelle et efficace.

Reçu pour publication en août 1969.

SUMMARY

EXTENSION OF A CENTER AND LARVAL DISPERSION OF A TORTRIX *CNEPHASIA PUMICANA* ZELLER (LEPIDOPTERA TORTRICIDAE)

Cnephasia pumicana ZELLER is a new pest in particular on barley. It can live on numerous other weeds or cultivated plants.

The geographical progression of the damaged area is determined every year between 1965-1968 by investigations and direct research in the field.

After a brief recall of the biological cycle of the insect which is univoltine, the moving and dispersion are studied. The dispersion by the wind is shown with stickytraps on which the larvae are caught, at different distances from the center of dispersion and at different levels above the ground.

The comparison between the orientation of the dispersion and the dominant directions of the winds blowing during the period of larval deplacement, show the part played by the wind in the direction of the geographical progression of the damaged area.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOVEY P., 1966. In BALACHOWSKY A. S., *Entomologie appliquée à l'agriculture*, 2 (1), 586-600, Masson Paris.
- CHAMBON J.-P., 1966. Pullulation d'une Tordeuse (*Cnephasia pumicana* ZELLER) sur céréales dans la région de Malesherbes (Loiret). *C. R. Acad. agric. Fr.*, **52**, 1270-1272.
- CHAMBON J.-P., 1968. Mise au point d'avertissements agricoles contre la Tordeuse des céréales, *Cnephasia pumicana* ZELL. *Rev. Zool. agric. appl.*, **67**, 95-102.
- CHAMBON J.-P., GOIX J., PFEIFFER C., 1968. *Cnephasia pumicana* ZELLER. Nouvelles observations biologiques et essais de lutte. *Phytiat. Phytopharm.*, **17**, 119-128.
- LEWIS T., 1965. The effects of an artificial windbreak on the aerial distribution of flying insect. *Ann. appl. Biol.*, **55**, 503-512.
- LEWIS T., 1967. The horizontal and vertical distribution of flying insects near artificial windbreak. *Ann. appl. Biol.*, **60**, 23-31.
- LEWIS T., 1968. Brise-vent, abris et distribution des insectes. *Span*, **11**, 186-189.
- LEWIS T., STEPHENSON J. W., 1966. Permeability of artificial windbreak and the distribution of insects in the leeward sheltered zone. *Ann. appl. Biol.*, **58**, 355-363.

- LHOMME L., 1935. *Catalogue des Lépidoptères de France*. vol. II, 278. Lhomme, Le Cariol (Lot).
- MILNES A., 1959. Weather, enemies and natural control of insect populations. *J. econ. Entomol.*, **52**, 532-533.
- RAZOWSKY J., 1959. European species of *Cnephasiini*. *Acta Zool. cracov.*, **4**, 179-424.
- RICHARD G., 1967. Les migrations et les déplacements des populations animales. *Ann. Épiphyties*, **18**, 95-101.
- ROSENTIEL R. G., FERGUSON G. R., MOTE D. C., 1944. Some ecological relationships of *Cnephasia longana*. *J. econ. Entomol.*, **37**, 814.
- ROTH M., GUTIERREZ J., COUTURIER G., 1968. Comparaison de divers types de pièges gluants. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, NS, **4**, 81-90.
- ZELLER P. C., 1847. Bemerkungen zu einigen für Schlesien neuen Falter species. Bemerkungen über einer Reise nach Italian und Sicilian beobachteten Schmetterlingsarten. *Isis*, 669.
-

NOUVELLES DONNÉES SUR LA TRANSMISSION DE LA FLAVESCENCE DORÉE DE LA VIGNE PAR *SCAPHOIDEUS LITTORALIS* BALL.

D. SCHVESTER ⁽¹⁾, P. CARLE ⁽¹⁾ et G. MOUTOUS

Station de Zoologie agricole,
Centre de Recherches de Bordeaux, 33 - Pont-de-la-Maye
Institut national de la Recherche agronomique

SOMMAIRE

Expériences de transmission de la Flavescence Dorée, complétant et précisant les données publiées en 1963, notamment sur les modalités de la transmission : durée d'acquisition, durée de latence, incubation, etc.

Les conséquences pratiques des données recueillies sont examinées et discutées.

I. — MATÉRIEL ET MÉTHODES GÉNÉRALES

Le matériel et les méthodes ont peu varié depuis les expériences exposées dans notre premier mémoire (1963 a).

Sauf exceptions indiquées dans le corps du texte, tous les tests intéressent des plants de *Baco 22 A* issus de boutures, prélevées en zone saine et sur des pieds sélectionnés à la vue comme exempts de Court-noué. Elles sont légèrement forcées, puis transplantées début mai, en pleine terre, dans les conditions déjà décrites (*op.cit.*). L'inoculation a lieu l'année même de la plantation.

La réserve d'inoculum est constituée, selon les cas, par des plants malades, en pots, obtenus de boutures et placés sous cage, ou par des ceps malades dans la nature. Les Cicadelles sont, en temps opportun, confinées, sous un manchon de tulle de nylon, sur leurs sarments malades. Cages et manchons sont des modèles décrits précédemment. Les inoculations sont toutes faites sous manchons.

Les Cicadelles sont issues d'élevages. On prélève à cet effet, lors de la taille des vignes, un grand nombre de sarments de plus d'un an, dans des parcelles infestées. Ces sarments, porteurs d'œufs (cf. SCHVESTER *et al.*, 1962) sont conservés en insectarium, où sont d'autre part entretenus des plants de vigne sains sur lesquels les jeunes larves peuvent se porter dès leur éclosion au printemps suivant.

Des traitements intensifs au parathion, effectués lorsque les plants ne sont pas soumis à contamination, assurent la protection contre des infestations étrangères aux expériences.

Le caractère positif ou non des tests est jugé d'après les symptômes extérieurs (les ceps dou-

(1) Nouvelle adresse : Station de Recherches forestières, chemin de Ramatuel, 84 - Avignon.

teux — d'ailleurs rares — étant comptés comme négatifs. Une certaine proportion de sujets pouvant n'extérioriser ces symptômes qu'à partir du printemps suivant l'année de l'inoculation, les résultats sont arrêtés sur deux années : celle de l'inoculation et la suivante. Le nombre de pieds malades figurant dans les tableaux est donc celui qui résulte du cumul de ces observations.

Nous avons été amenés à abandonner le rebouturage des sarments issus des plants inoculés, tel qu'il avait été pratiqué pour certains essais de 1961. L'expérience démontre en effet que ce travail, considérable, ne fournit pratiquement pas d'information supplémentaire sur la réaction du sujet à l'inoculation.

II. — ÉTABLISSEMENT DES PROPRIÉTÉS DE VECTEUR DE SCAPHOIDEUS LITTORALIS BALL.

Les expériences de 1961 (SCHVESTER, CARLE, MOUTOUS, 1962 *a* et 1963 *a*) furent les premières à établir les propriétés de vecteur de *Scaphoideus littoralis*. Cependant leur caractère quelque peu hétéroclite, pouvait encore laisser la place à quelque doute, que l'essai ci-après, entrepris dès 1962, lève entièrement, notamment du fait qu'il comporte des ceps « témoins ».

Expérience n° 7 ⁽¹⁾

Elle intéresse des pieds issus de boutures de *Baco 22 A*, préparés au printemps de l'année de l'expérience.

Elle comporte plusieurs séries échelonnées dans le temps. Chaque série se compose de quatre lots de quatre jeunes ceps en pots : trois des lots comportent un cep atteint de FD et trois ceps sains ; le quatrième lot, formé de quatre ceps sains, constitue le témoin de chaque série.

Chacun de ces lots de quatre ceps a séjourné quarante jours dans une cage de petite dimension (cf. SCHVESTER, CARLE, MOUTOUS, 1963 *a*, photo p. 179) avec 25 *Scaphoideus littoralis* (larves) issus d'élevages. Ce délai écoulé, les insectes survivants ont été récupérés, tandis que les ceps furent repiqués en pleine terre, mis en observation jusqu'à fin 1963 et soumis en outre à des traitements insecticides réguliers.

Les insectes survivants furent reportés, sur d'autres ceps sains, d'un an d'âge, en pleine terre, à raison, soit de deux ceps par lot d'insectes, soit d'un seul.

Les résultats sont résumés au tableau 1 : les ceps initialement sains sur lesquels la maladie a été transmise, font exclusivement partie de lots mis sous cage en compagnie d'un cep malade. Aucun cep des lots témoins n'a extériorisé de symptômes.

La deuxième phase de l'expérience (report des insectes sur d'autres ceps) donne aussi une première indication sur une certaine persistance du pouvoir vecteur. L'ensemble contribue enfin à démontrer qu'il n'y a pas de possibilités de transmission « transovarienne » de la maladie, par l'œuf de *S. littoralis* : en effet les insectes utilisés étaient tous issus d'élevages en insectarium, obtenus à partir d'œufs prélevés dans la nature, dans des vignobles fortement infestés et très atteints de FD, et aucun cep des lots témoins n'a été atteint. Nous disposons, en cette matière, de nombreuses

⁽¹⁾ La numérotation des expériences prend la suite de celle du précédent mémoire. Elle ne reflète pas forcément l'ordre chronologique des essais.

TABLEAU I

Expérience n° 7 : transmission de la Flavescence Dorée par *Scaphoideus littoralis*

Nombre d'insectes par lot : 25 dans l'expérience initiale.

Durée de l'expérience initiale : 40 jours.

Les lots (a) (b) (c), de chaque série comportent trois pieds sains et 1 malade.

Les lots (d) quatre pieds sains (témoins).

Expérience initiale				Reports d'insectes				
Série et lot	Date de début	Stade initial des insectes	Nombre de pieds initialement sains ayant présenté des symptômes	Date du report	Durée du report (jours)	Nombre d'insectes	Nbre de ceps intéressés	Résultats
1 a	12-6-62	L ₁ -L ₂	2/3	20-7-62	60	10 + 11	2	2 malades
1 b	—	—	2/3	—	—	24	1	malade
1 c	—	—	1/3	—	—	23	1	malade
1 d (T)	—	—	0/4	—	—	21	1	reste sain
2 a	2-7-62	L ₃	0/3	11-8-62	45	7 + 8	2	restent sains
2 b	—	—	2/3	—	—	11	1	malade
2 c	—	—	1/3	—	—	10 + 8	2	1 malade
2 d (T)	—	—	0/4	—	—	12	1	reste sain
3 a	10-7-62	L ₄	0/3	20-8-62	45	7 + 8	2	1 malade
3 b	—	—	3/3	—	—	10 + 8	2	2 malades
3 c	—	—	1/3	—	—	10 + 10	2	1 malade
3 d (T)	—	—	0/4	—	—	6 + 6	2	restent sains
4 a	20-7-62	L ₅	0/3	30-8-62	40	7 + 8	2	restent sains
4 b	—	—	2/3	—	—	10 + 9	2	—
4 c	—	—	1/3	—	—	10 + 10	2	1 malade
4 d (T)	—	—	0/4	—	—	8 + 6	2	restent sains

autres constatations, faites à l'occasion d'autres expériences et intéressant un total de plusieurs milliers d'insectes : nous n'avons jamais décelé le moindre indice d'une possibilité de transmission transovarienne.

III. — MODALITÉS DE LA TRANSMISSION DE LA FLAVESCENCE DORÉE SUR « BACO 22 A » DANS LES CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

I. *Durée d'acquisition*

Nous avons déjà rendu compte partiellement (SCHVESTER, CARLE, MOUTOUS, 1963 c) d'une expérience, d'après laquelle la durée minimale d'acquisition pouvait être évaluée à 8 jours environ.

Cette expérience (n° 8) avait eu lieu avec des insectes initialement de deuxième stade, issus d'élevages. Ceux-ci avaient été maintenus, pour des durées variables, sur des plants de *Baco 22 A* malades, puis reportés pour une durée fixe (40-42 jours), sur des plants sains issus de boutures faites l'année même, à raison de 15 insectes par pied. Les résultats définitifs, arrêtés à la fin du cycle végétatif suivant l'année de l'inoculation sont fournis au tableau 2.

TABLEAU 2

Durée d'acquisition

(Durée uniforme de séjour des insectes sur plants sains mis en expérience : 40-42 jours)

Expérience n°	Stade initial des insectes	Durée de séjour des insectes sur plants malades	Nombre de plants initialement sains ayant accusé des symptômes
8*	L ₂ et L ₃	40 heures	0/10
		65 —	0/10
		8 jours	4/10
		16 —	6/10
		24 —	6/10
		42 —	3/10
9**	L ₁	4 jours	1/10
		8 —	2/10
		16 —	9/10
		23 —	4/4

* Date de l'apport des insectes sur plants malades : 25 juin 1962.

** Date de l'apport des insectes sur plants malades : 28 mai 1963.

L'expérience fut reprise l'année suivante (n° 9), mais avec des larves initialement de premier stade, et seulement dix insectes par pied à inoculer. Les résultats figurent également au tableau 2.

Étant donné les résultats de l'expérience n° 9, il y a peut-être lieu de revenir sur nos premières conclusions : la durée d'acquisition semblerait pouvoir être inférieure à 7-8 jours. Ceci serait toutefois l'exception : en effet, sur plusieurs années nous avons, à l'occasion de diverses expériences (toutes n'étant pas relatées ici), soumis au total 120 ceps aux inoculations de Cicadelles ayant bénéficié d'une durée d'acquisition de 4 à 7-8 jours. La confrontation des résultats montre que, seul, le cep dont il est question ci-dessus a accusé des symptômes pour une durée d'acquisition inférieure à 7-8 jours.

Faut-il admettre que nous n'avons peut-être pas réussi dans tous les cas, malgré les précautions prises, à empêcher toute contamination accidentelle, étrangère à nos expériences ? Toujours est-il que, face au caractère exceptionnel de ce résultat, nous avons pour la suite retenu « généralement 8 jours » comme durée minimale de nutrition d'acquisition.

2. *Persistence du pouvoir infectieux*

L'expérience n° 7, ci-dessus, indiquait déjà que *Scaphoideus littoralis* peut transmettre la Flavescence Dorée à plusieurs ceps successivement, sans nouvelle période d'acquisition sur un plant malade.

Nous avons tenté d'évaluer la durée de cette « persistance » du pouvoir infectieux.

Expérience n° 10.

Des larves de *S. littoralis* non infectieuses et provenant d'élevages ont été maintenues durant deux semaines (du 24 juin au 9 juillet 1963) sur un seul et même groupe de plants de *Baco 22 A* atteints de FD).

Deux cents de ces insectes ont alors été utilisés à infester, à raison de 10 larves par sujet, vingt plants sains de *Baco 22 A* d'un an, d'origine homogène et en pleine terre. Cette infestation fut maintenue deux semaines, après lesquelles les insectes survivants furent soigneusement récupérés (1) puis, regroupés par dix, immédiatement reportés sur un nouveau groupe de plants sains, de même âge et de même origine que les précédents, sans nouveau séjour sur végétaux malades. La mortalité naturelle et celle due aux manipulations, nous ont laissé 120 insectes qui, regroupés par 10, nous ont permis d'infester ainsi 12 nouveaux sujets, ceci pour deux semaines également.

Procédant ainsi à intervalles successifs de deux semaines, soit tous les 13-15 jours, nous avons successivement reporté ces mêmes insectes sur des séries de plants sains, tous de même origine que les précédents, mais naturellement en nombre décroissant, les Cicadelles étant, à chaque report, regroupées par 10.

Lors de l'infestation sur la première série, les insectes étaient en majorité au troisième stade larvaire, quelques-uns cependant au quatrième. On notait quelques adultes dès le report sur la deuxième série. Tous les survivants avaient atteint le stade adulte lors du report sur la troisième série.

(1) Nous utilisons pour cela l'anesthésie au CO₂ au moyen de bouteilles portatives. Le gaz est injecté, avant ouverture, dans le manchon de tulle de nylon, lui-même recouvert pour la circonstance d'un manchon de polyéthylène. Un traitement de sécurité à dose élevée de parathion est effectué immédiatement après le prélèvement des insectes, sur et à travers le manchon, ainsi que sur le sol alentour. Le manchon est remis en place pour 24 heures avant enlèvement définitif. Nous récupérons ainsi environ 5 à 9 insectes par manchon et quelquefois la totalité.

Les résultats sont consignés au tableau 3. Là encore, ils sont arrêtés après les observations du cycle végétatif suivant l'année de l'inoculation.

Cette expérience fait ressortir nettement qu'un groupe d'individus de *Scaphoideus littoralis* après une période d'acquisition de l'ordre de deux semaines peuvent conserver le pouvoir vecteur pour le reste de leur vie.

TABLEAU 3

Expérience n° 10
Persistance du pouvoir vecteur de la FD chez Scaphoideus littoralis
après une période d'acquisition de deux semaines
 (24 juin-9 juillet 1963)

N° série	Nombre d'insectes	Date de début	Nombre de plants infestés	Nombre de plants atteints de FD
1	200	9-7	20	0
2	120	23-7	12	11
3	86	7-8	9**	9
4	67	20-8	7**	7
5	20	3-9	2	2

* L'un des sujets ne reçoit que 6 insectes.

** L'un des sujets ne reçoit que 7 insectes.

En outre, par les résultats de la première série, elle met en évidence l'existence d'une période de latence, au cours de laquelle l'agent infectieux, bien qu'acquis par l'insecte, n'est pas encore transmissible par celui-ci.

3. Période de latence

Cette notion est classique en ce qui concerne les virus ⁽¹⁾ de type dit « persistant ». La période de latence est toutefois variable selon les maladies à virus et selon leurs vecteurs. Il était donc important, en raison notamment des répercussions pratiques que pouvaient avoir ces précisions, de déterminer sa durée pour la transmission de la FD, par *Scaphoideus littoralis*.

Expérience n° 11.

L'expérience vise à déterminer les durées d'infection sur plants sains, nécessaires et suffisantes à la transmission de la maladie, selon les variations de la durée d'acquisition.

⁽¹⁾ Selon diverses acquisitions récentes sur certaines maladies dites « de type jaunisse » (groupe auquel on rattache la Flavescence Dorée), l'agent infectieux serait non pas un virus proprement dit, mais un mycoplasme, ou analogue. D'où, concernant la FD, une nouvelle et intéressante hypothèse de travail, dont la confirmation pourrait contribuer à l'explication de divers phénomènes inhabituels dans l'étiologie de la maladie. En l'absence de toute donnée à ce sujet, nous continuons d'utiliser le terme « virus » et ses dérivés, en précisant toutefois que nous n'entendons pas, par là, préjuger de la nature de l'agent infectieux.

Nous avons utilisé plusieurs milliers de Cicadelles qui, toutes à la même date (16-6-64) furent mises en place, sous manchons de nylon, sur des plants malades, en une parcelle très atteinte de FD.

Des prélèvements furent effectués, par lots d'importance variable selon les besoins (voir tabl. 4) à dates échelonnées soit : 7, 14, 21, 28 et 35 jours après.

Immédiatement après prélèvement, chacun de ces lots fut réparti, à raison de 10 insectes par sujet, sur des plants de *Baco 22 A* sains. Chacun de ces groupes de plants fut lui-même réparti en sous-groupes de 10, sur chacun desquels les Cicadelles étaient maintenues pour une durée variable.

En général les insectes étaient purement et simplement détruits à l'expiration de la durée d'infection. Pour certains lots cependant (cf. renvoi (1) du tableau 4) ils

TABLEAU 4

*Expérience n° 11**Examen des durées de latence pour la transmission de la FD par S. littoralis*

Lot N°	Durée de nutrition d'acquisition	Durée de séjour sur plants sains à infecter (en jours)	Nombre de plants atteints de FD
1 a	} 7 jours	14	0/10
1 b		21	0/10
1 c		28	0/10
1 d		35	6/10
1 e		42	6/10
1 a'	} 7 jours	(14) + 14	4/9*
1 b'		(21) + 14	2/8*
2 a	} 14 jours	7	0/10
2 b		14	0/10
2 c		21	1/10
2 d		28	5/10
2 e		35	8/10
2 f		42	8/10
2 a'	} 14 jours	(7) + 14	4/5*
2 b'		(14) + 14	6/8*
3 a	} 21 jours	4	0/10
3 b		7	0/10
3 c		14	1/10
3 d		21	4/10
4 a	} 28 jours	4	0/10
4 b		7	0/10
4 c		14	2/10
5 a	} 35 jours	2	0/10
5 b		4	0/10
5 c		7	1/10

* Expériences effectuées avec des insectes provenant respectivement des lots 1 a, 1 b, 2 a, 2 b et reportés, après regroupement par 10, sur de nouveaux plants sains.

ont été recueillis puis, regroupés par 10, reportés sur de nouveaux plants sains, où ils furent maintenus 14 jours : les Cicadelles des lots 1a, 1b, 2a et 2b forment ainsi respectivement les lots 1a', 1b', 2a' et 2b'. Les résultats (tabl. 4) démontrent bien qu'au moins un certain nombre des insectes avaient bien acquis le virus et qu'ils ne l'avaient pas transmis aux sujets des lots 1a, 1b, 2a et 2b, faute vraisemblablement d'un délai suffisant de latence.

Il est même assez surprenant de constater, dans deux cas, que les insectes ainsi reportés se sont montrés plus virulents que les insectes ayant eu au total la même durée de transmission sur plants sains, mais sans report (comparer par exemple les résultats des lots 1c et 1a', 2c et 2a').

La durée totale de la « période de transmission » (d'après la définition de BONNEMAISON 1958 c'est-à-dire somme des périodes d'acquisition, de latence et d'inoculation) est, dans les conditions de nos expériences, de 35 jours dans quelques cas, de 42 jours dans la grande majorité d'entre eux.

Le nombre de tests positifs obtenus est encore faible pour les courtes durées d'acquisition, mais augmente de façon considérable dès que celle-ci atteint deux semaines. Inversement la durée apparente de latence est naturellement d'autant plus faible que la durée d'acquisition expérimentale est plus grande.

La notion de « période d'inoculation » (durée nécessaire à la contamination d'une plante saine, BONNEMAISON, 1958) est, dans le cas qui nous occupe, difficilement séparable de celle de « durée de latence », en raison particulièrement de l'importance de cette dernière.

Par des tests antérieurs à l'expérience n° 11 nous avons tenté une détermination de cette « période d'inoculation » (SCHVESTER, CARLE, MOUTOUS, 1962 a) en faisant varier cette fois la durée de séjour sur plants sains d'insectes demeurés un temps fixe sur pieds malades.

Rappelons brièvement que pour une durée de nutrition d'acquisition uniforme de 35 jours, pour 3 lots de 10 pieds recevant chacun 6 insectes, nous avons obtenu, selon la durée de séjour des Cicadelles sur les plants tests :

0 test positif	sur 10	pour 2 jours
4 tests positifs	sur 10	pour 8 jours
8 tests positifs	sur 10	pour 15 jours

Une expérience analogue fut reprise en 1963 (expérience n° 12). Les insectes furent maintenus pour une durée uniforme de trente jours sur des plants malades, puis transférés à raison de 10 insectes par pied, sur des plants sains. Quatre lots de 10 pieds furent constitués, sur chacun desquels les Cicadelles furent maintenues respectivement 1, 2, 4 et 7 jours.

Ces tests ont été entièrement négatifs. Par contre, un contrôle sur 15 pieds, avec des insectes de même origine mais maintenus 23 jours sur les plants à expérimenter a donné 10 tests positifs.

Toutefois la durée totale de transmission (acquisition + latence + inoculation) n'atteignait pas 42 jours dans tous les cas des expériences ci-dessus. On peut donc attribuer leur caractère négatif à l'insuffisance de ce délai. C'est pourquoi fut mise en place une nouvelle série (n° 13) avec des insectes maintenus 44 jours sur plants malades, transférés ensuite sur plants sains, à raison de 10 Cicadelles par sujet.

On a obtenu

- 1 pied malade sur 12, pour une durée d'inoculation de 2 jours
- 2 pieds malades sur 12, pour une durée d'inoculation de 4 jours
- 5 pieds malades sur 11, pour une durée d'inoculation de 8 jours

Ces résultats ne nous permettent pas de définir exactement une « période d'inoculation », minimale, laquelle semble pouvoir être assez brève si les conditions de durée totale de la période de transmission (42 jours) sont respectées. Il apparaît nettement cependant que le nombre de tests positifs croît, toutes choses égales d'ailleurs, en raison directe de la durée de séjour des Cicadelles infectieuses sur les plants sains.

Il convient toutefois d'émettre certaines réserves : la transmission est liée à l'acte de nutrition et celui-ci est probablement quelque peu perturbé par les manipulations. Elle est peut-être même liée à l'atteinte par les stylets d'un tissu bien défini, soit du phloème soit du xylème. Or (P. CARLE, 1965 ; G. MOUTOUS, 1965), les extrémités de piqures de *S. littoralis* se répartissent à peu près à égalité dans les deux tissus, mais nous ne savons rien des conditions qui pourraient présider à l'atteinte de l'un ou de l'autre, par les divers individus.

4. Transmission selon le sexe de l'Insecte

On a cherché à déterminer si le sexe du vecteur pouvait avoir quelque influence sur le taux de transmission obtenu.

Les sexes ne sont guère discernables avant le cinquième stade larvaire. Ils le sont parfaitement chez les adultes, non seulement d'après les génitalia, mais aussi d'après les caractères de coloration du vertex et du front (BONFILS et SCHVESTER, 1960).

Les expériences ont donc été réalisées avec des lots de dix insectes, larves de cinquième stade, ou adultes, mâles d'une part, femelles de l'autre, ayant bénéficié d'une durée d'acquisition sur vigne malade de trente-cinq jours, et demeurés sur les plants à infecter pendant 30 jours. Les résultats ci-dessous groupent deux essais effectués en 1964 et 1965 selon ce même schéma :

Mâles	{ 1964.....	13 tests positifs sur 19
	{ 1965.....	17 tests positifs sur 20
	Total	30 tests positifs sur 39
Femelles	{ 1964.....	7 tests positifs sur 13
	{ 1965.....	12 tests positifs sur 20
	Total	19 tests positifs sur 33

Il semble donc exister une certaine différence en faveur des mâles. Nous retenons surtout que les Cicadelles des deux sexes peuvent transmettre la maladie.

5. Discussion sur les modalités de la transmission

De cet ensemble d'expériences sur les modalités de la transmission, nous retiendrons surtout les faits suivants :

— Le total (période d'acquisition + période de latence) nécessaire pour assurer la transmission de la maladie est, dans les conditions de nos expériences, de 35 jours

au moins dans les meilleurs cas, beaucoup plus généralement de 42 jours. Quelques jours peuvent suffire ensuite à l'insecte pour transmettre la maladie à un plant sain.

— La transmission est de type dit « persistant » ; l'insecte infectieux peut conserver cette faculté sa vie durant, sans nouvelle nutrition d'acquisition. Mâles et femelles peuvent transmettre la maladie.

Mais, on peut soupçonner que les conditions mêmes de nos expériences modifient les modalités de la transmission, par rapport à ce qui se passe dans la nature : les insectes, tant pour la période d'acquisition que pour la période de transmission, sont confinés sous des manchons de nylon à mailles fines, emprisonnant à la fois l'humidité et la chaleur. Les jeunes plants bénéficient très nettement de cet « effet de serre », lequel accélère en outre le développement de *S. littoralis*, et il est fort plausible que les modalités de la transmission du virus, la durée normale d'acquisition, la durée de latence, puissent en être aussi affectées. Il ne nous est pas possible bien entendu de préciser avec certitude le sens de cette modification. Nous croyons cependant, d'après la comparaison des résultats expérimentaux avec les phénomènes naturels observés, que l'action des conditions de nos expériences s'exercerait plutôt dans un sens favorisant et accélérant la transmission.

IV. — ESSAIS DE TRANSMISSION A, OU A PARTIR, D'AUTRES ESPÈCES VÉGÉTALES QUE LA VIGNE

CAUDWELL et BACHELIER (1963) (voir aussi CAUDWELL, DÉTIENNE, BACHELIER, 1964) avaient indiqué avoir obtenu, sur des plantains (*Plantago lanceolata*) ou certains trèfles (*Trifolium ladino*) reliés à des plants de vigne malades de FD par des ponts de Cuscuta, les symptômes d'une virose (proliférations et phyllodies).

Il était donc intéressant d'examiner les possibilités de transmission par insectes de cette virose, de ces plantes à la Vigne, et inversement. En effet, des plantains extériorisant les symptômes décrits avaient été observés dans la nature, aux alentours ou non de vignobles. Ils sont même spontanément apparus sur quelques pieds d'un semis que nous avons préparé, à la Grande-Ferrade, pour nos expériences.

Il n'a pas été possible de procéder à un ensemble cohérent d'expériences avec le Trèfle ; en effet, la survie de *Scaphoideus littoralis* sur cette espèce est pratiquement nulle et les insectes désertent les plantes. Quelques tentatives de transmission de vigne à trèfle cependant effectuées, nous ont fourni des résultats négatifs. Inversement, d'autres espèces, bien adaptées au Trèfle (*Euscelis plebejus*, *Macrosteles sexnotatus*) survivent très mal sur la Vigne.

Par contre la survie de *S. littoralis* sur Plantain est très suffisante : bien qu'au-delà de 15 jours la mortalité s'accroisse considérablement, l'insecte peut s'y nourrir et même y effectuer des mues. Sa piqûre revêt même sur plantain des aspects semblables à ceux qu'elle présente sur la vigne (P. CARLE, G. MOUTOUS). Cependant, nous n'avons jamais, malgré les recherches entreprises, trouvé *S. littoralis* sur plantain dans la nature.

Nous avons pu réaliser un groupe de 20 tests avec des insectes maintenus 15 jours sur plantain virosé, puis transférés sur *Baco 22 A* sain, pour 40 jours, à raison de

10 insectes par plant. Ces tests sont demeurés négatifs. Un contrôle réalisé avec des Cicadelles de même origine, dans des conditions identiques, mais de vigne malade à vigne saine, donne 9 tests positifs sur 10.

Huit tests ont pu être réalisés avec des insectes demeurés 21 jours sur Plantain virosé : ils ont été également négatifs. De même 12 tests réalisés en sens inverse (durée d'acquisition sur Vigne malade : 30 jours, les insectes transférés sur des plantains de semis y étant demeurés jusqu'à leur mort, soit 20 jours au moins) sont demeurés négatifs.

Nous pensons, bien entendu, qu'il y a des réserves à faire sur le caractère de preuve absolue de ces résultats en ce qui concerne la non-identité des deux maladies. Mais, ajoutés au fait que dans la nature, *S. littoralis* n'est pratiquement jamais rencontré sur plantain, ils tendent au moins à démontrer que, même si une telle identité existe, la transmission de la maladie, de Plantain à Vigne semble bien n'être pas possible dans la nature, au moins par l'intermédiaire de *S. littoralis*.

V. — ESSAIS DE TRANSMISSION A PARTIR DE VIGNES SANS SYMPTÔMES ISSUES DE PLANTES MALADES

Il arrive fréquemment (CAUDWELL) que des pieds malades une année donnée, ne montrent plus aucun symptôme au cours du cycle végétatif suivant. Il était intéressant d'examiner si la maladie pouvait être transmise à partir de tels ceps.

Nous avons donc effectué plusieurs séries de tests (intéressant une cinquantaine de ceps), dans le détail desquels nous n'entrerons pas ici, car ils se sont tous révélés négatifs. Nous préciserons seulement que les ceps utilisés comme « inoculum » nous étaient connus : ils avaient été expérimentalement infectés et avaient, l'année précédant les expériences, violemment extériorisé des symptômes de FD. L'année des expériences, après une taille sévère, ils n'avaient émis que quelques rejets grêles, mais sans symptômes de FD. En outre, dans tous les cas, les modalités des expériences quant au respect des délais d'acquisition et de latence, étaient très largement calculées pour assurer éventuellement la transmission.

Un autre groupe d'expériences se rattache au précédent et porte sur des pieds apparemment sains, issus de boutures prélevées sur plants malades.

On sait, en effet que le bouturage de sarments de vigne, même sains d'apparence, peut donner naissance à de jeunes plants malades, s'il s'agit par exemple d'un sarment inoculé l'année où il a été prélevé, mais qui n'a pas encore eu la possibilité d'extérioriser des symptômes. Il arrive assez fréquemment cependant (CAUDWELL) qu'un même sarment fournisse à la fois des boutures donnant naissance à des plants malades et à des plants d'apparence tout à fait normale. Il peut ainsi se produire, par exemple, que de trois boutures successives prélevées sur un même sarment, les deux extrêmes seules donnent un plant malade, celle du milieu un plant sain d'apparence.

Nous avons examiné les possibilités de transmission par *S. littoralis* de la Flavescence Dorée à partir de ces plants sains bien qu'issus de sarments manifestement inoculés. Nous avons utilisé de telles séries de trois jeunes ceps dont les deux malades « encadraient » en quelque sorte, à l'origine, le sain. Il reste cependant assez rare d'obtenir des lots correspondant à cette conjoncture et dont les ceps malades pré-

sentent un développement suffisant pour assurer la vie d'une population assez nombreuse de *S. littoralis*. Nous n'avons donc pu réaliser que quatre essais, en 1963 et 1964, groupant chacun un nombre varié de tests.

Le cep mère des boutures est différent pour chaque essai. Lorsqu'au bouturage (en pots), la conjoncture ci-dessus décrite se trouvait réalisée sur un lot donné, les deux ceps-fils malades étaient placés dans une cage d'isolement, le cep-fils sans symptôme dans une autre. Chaque cage recevait un certain nombre de Cicadelles (initialement L_3 et L_4 dans tous les cas) d'un même lot d'élevage. Les insectes demeuraient un temps identique dans l'une et l'autre cage, après quoi, ils étaient recapturés et portés sur des ceps sains (*Baco 22 A* de bouture) en pleine terre, à raison de 10 insectes par cep. Les insectes élevés sur le cep sans symptôme faisaient bien entendu l'objet de tests séparés de ceux effectués avec les Cicadelles élevées sur les ceps manifestement malades. Les durées de maintien (sous manchons) sur les ceps à tester ont été variables selon les essais mais identiques pour les deux catégories d'un même lot.

TABLEAU 5

Possibilités de transmission de la FD à partir de ceps sans symptôme

Lot N°	Durée d'acquisition	Durée de séjour des insectes sur plants sains	Nombre de tests positifs
1 M	16 jours	42 jours	6/6
S	—	—	0/4
2 M	35 jours	42 jours	4/6
S	—	—	0/11
3 M	30 jours	32 jours	6/8
S	—	—	0/9
4 M	30 jours	32 jours	5/8
S	—	—	0/12

Chaque lot est issu d'un même sarment, chacun d'un pied-mère différent. Les deux ceps M (= malades) sont issus de deux boutures « encadrant » immédiatement la bouture dont est issue le cep S (= sain).

Les détails expérimentaux et les résultats sont groupés au tableau 5 : il apparaît nettement que la transmission de la maladie n'est pas possible à partir de ces jeunes ceps sans symptôme : sur un total de 36 tests intéressant ces derniers, aucun ne s'est révélé positif, alors que sur un total de 28 tests réalisés à partir des descendants malades des mêmes sarments, 21 (75 p. 100 environ) ont été positifs.

VI. — DISCUSSION GÉNÉRALE

Les conséquences pratiques des résultats de ces études sur la transmission de la Flavescence Dorée par *S. littoralis* sont nombreuses. Cependant, avant de les exposer il convient d'examiner dans quelles conditions et dans quelle mesure ces résultats expérimentaux peuvent être adaptés.

Certaines divergences sont en effet apparues, au long de ces années, dans le comportement des ceps, expérimentalement infectés, par rapport à ceux infectés dans les conditions naturelles, tant en ce qui concerne leur réaction immédiate que leur comportement à plus long terme.

Nous tenterons, après les avoir exposées, d'expliquer ces différences, en nous appuyant au besoin sur certains résultats d'observations et d'expériences.

1. *Observations sur la durée d'incubation de la maladie*

Par durée d'incubation, nous entendons la période qui s'écoule entre l'inoculation et la première expression des symptômes par le cep inoculé.

Dans les conditions de nos expériences, cette période (comptée, pour plus de commodité, du premier jour de l'apport des Cicadelles présumées infectieuses sur les plants soumis aux tests) est, sur *Baco 22 A*, de l'ordre de 60 à 75 jours au minimum.

Une proportion de ceps (dépassant souvent 80 p. 100 de l'effectif malade) extériorise donc les symptômes l'année même de l'inoculation. Ces symptômes sont typiquement ceux de la FD : jaunissement diffus et révolution des feuilles, taches jaunes sur nervures, altérations, pouvant aller jusqu'à l'absence totale de l'aouïtement. Les sarments concernés noircissent et (ou) se crevassent longitudinalement durant l'hiver et sont sensibles au gel. Après la taille, le débourrement, au printemps suivant, est extrêmement retardé, altéré, voire nul, et nombreux sont les pieds qui meurent sans repartir en végétation, ou après un départ pénible. Une partie (souvent faible) cependant des ceps n'extériorise pas de symptômes caractéristiques l'année même de l'inoculation, et c'est seulement l'altération du débourrement au printemps suivant, suivie de l'extériorisation de symptômes foliaires, qui permet d'établir que la maladie a bien été transmise. Par contre, nous n'avons jamais observé, à l'occasion de ces expériences de manifestations différées de symptômes, tels que ceux que nous avons précédemment appelés « manifestations estivales » (ceps débourrant et poussant normalement ou subnormalement jusqu'à la mi-saison, date à laquelle apparaissent les symptômes externes) (SCHVESTER, 1963).

Il y a là un désaccord avec ce qui se passe dans les vignobles naturellement infectés. D'une façon générale, dans la nature, les manifestations de symptômes, même différées (manifestations estivales) interviennent trop tôt pour que l'on puisse les attribuer à des inoculations de l'année même, d'après ce que l'on sait maintenant sur la biologie de l'insecte et les modalités de la transmission ⁽¹⁾. Il faut donc admettre avec CAUDWELL, que, dans la nature, la manifestation des symptômes n'a lieu que l'année qui suit l'inoculation, au moins dans la très grande majorité des cas. Il faut remarquer d'autre part que la mort du cep comme suite à l'infection n'intervient pratiquement jamais dans les vignobles, alors qu'elle est loin d'être exceptionnelle dans nos expériences.

Ce désaccord entre les faits expérimentaux et les faits d'observation peut, pensons-nous, trouver son explication dans l'intervention de divers éléments :

⁽¹⁾ Les premiers insectes éclosent, en Armagnac, à la fin mai (admettons le 20 mai, pour fixer les idées). Sur la base des données expérimentales, ils ne peuvent être effectivement vecteurs qu'au bout d'environ 35 jours dans les meilleurs cas, soit aux environs du 25 juin. La maladie ne pourrait donc se manifester au mieux que 60 jours plus tard, soit à partir du 25 août. Or, les relevés périodiques de vignobles au cours d'un même été dans une même parcelle, montrent qu'à partir du début d'août il n'apparaît pratiquement aucune nouvelle augmentation du nombre de ceps manifestant des symptômes.

a) *Le facteur « temps ».*

En fait, dans nos expériences, la proportion de ceps destinés à extérioriser les symptômes, et les manifestant effectivement avant l'hiver, était généralement de 80 à 100 p. 100 pour les expériences les plus précoces, effectuées par exemple avant la fin de juillet. Cette proportion tend à diminuer à mesure que la date de contamination s'avance en saison.

Dans la nature, les tous premiers insectes éclos ne peuvent être effectivement infectieux, au mieux, qu'à partir de fin juin, et ils constituent même alors une proportion infime de la population. De plus, ils sont encore à un stade larvaire, peu mobiles, et les chances de propagation à cette époque, autrement que de proche en proche, de cep à cep voisin, restent malgré tout assez réduites. Les possibilités de transmission de la maladie sont probablement maximales une fois atteint, par l'insecte, le stade adulte, plus mobile : la proportion de Cicadelles infectieuses par rapport à l'ensemble de la population en présence est alors proche du maximum possible. Il s'ensuit que nous pouvons situer la plus forte proportion des inoculations effectuées dans la nature, au-delà du 20-25 juillet, date à partir de laquelle les ceps inoculés « n'ont plus le temps » d'extérioriser les symptômes, en raison aussi de l'aoûtement.

b) *Les conditions de l'expérimentation.*

Comme nous l'avons dit plus haut, il est possible que les conditions des expériences modifient les diverses caractéristiques des modalités de la transmission. Il est plausible, de même, que ces conditions interviennent pour favoriser, par rapport à ce qui se passe dans la nature, l'expression des symptômes : « l'effet de serre », dû au confinement du cep sous le manchon, a pour résultat une considérable accélération de sa croissance et de son activité physiologique, au point que l'aoûtement intervient très tardivement, d'autant plus que les jeunes ceps sur lesquels nous opérons ne portent pas de fruits. Le fait que le cep reste ainsi très longtemps en végétation active, concourt très probablement à favoriser le développement des symptômes : c'est en effet un fait d'observation, maintes fois noté, que les symptômes se développent mal, ou pas du tout, sur les ceps dont l'aoûtement est déjà avancé : par exemple des ceps en pots dont la condition souffreteuse induit un aoûtement précoce. ⁽¹⁾

2. *Comportement des ceps malades à la suite d'infections expérimentales*

Nous avons poursuivi plusieurs années après l'infection initiale, des observations sur le comportement de certains ceps expérimentalement infectés.

Ont été ainsi suivis jusqu'en 1966 inclus :

— Les 41 pieds ayant accusé des symptômes en 1961 et 1962, comme suite aux expériences n° 1 et 2 de 1961.

⁽¹⁾ Des expériences de transmission par *S. littoralis*, entreprises dès 1960 sur ceps en pots, n'avaient donné qu'un taux très faible de résultats positifs, les symptômes étant d'ailleurs relativement peu nets, en raison précisément, pensons-nous, du fait que l'aoûtement intervenait très précocement. Ces expériences conservaient leur valeur d'orientation, mais tout caractère significatif leur était retiré. Cependant nous avions observé au printemps suivant, une mortalité anormale chez les ceps présumés infectés, contre une mortalité nulle chez les « témoins ». Ces observations nous avaient conduits, pour les années suivantes, à opérer dans des conditions aussi proches que possibles des conditions de végétation normale, donc sur ceps maintenus en pleine terre, ou à la rigueur, lorsqu'il s'agissait comme dans l'expérience n° 7 ci-dessus de ceps en pots, à dépoter et quitter à repiquer (en mottes) les ceps concernés dès la fin de l'expérience.

— Les 11 pieds malades objets des « reports » de l'expérience n° 7 de 1962 (ci-dessus).

— Un effectif total de 42 pieds malades des suites d'essais de 1963, comprenant notamment les 16 plants de l'expérience n° 9 et 20 des plants de l'expérience n° 10.

Précisons que tous ces plants furent maintenus, par des traitements énergiques, à l'abri de contaminations accidentelles. Dans les mêmes parcelles, des ceps des mêmes séries expérimentales (soit témoins, soit ceps ayant échappé à l'infection) ont constitué, pour ces observations, des témoins, en nombre très supérieur.

Les observations ont été conduites plusieurs fois dans l'année, cep par cep (chacun d'eux étant doté d'une fiche d'observations). On retient l'observation la plus défavorable pour chaque année.

TABLEAU 6

Observations sur le comportement de ceps expérimentalement infectés par la Flavescence Dorée

Date	Expériences 1961 (41 malades)	Expériences 1962 (11 malades)	Expériences 1963 (46 malades)
1962 { ceps FD....	39		
ceps M	1		
ceps SS	1		
1963 { ceps FD....	21	11	
ceps M	6*	0	
ceps SS	13	0	
1964 { ceps FD....	11	5	42
ceps M	5**	3	2
ceps SS	18	3	2
1965 { ceps FD....	3	1	31
ceps M	1	0	4***
ceps SS	25	7	5
1966 { ceps FD....	0	0	17
ceps M	0	0	8***
ceps SS	28	8	15

FD = symptômes nets de maladie ; M = mort ; SS = sans symptômes.

* dont 2 morts sans avoir débourré et 4 après une nouvelle extériorisation de symptômes l'année de l'observation.

** dont 2 morts sans avoir débourré et 3 après une nouvelle extériorisation de symptômes l'année de l'observation.

*** Tous morts après une nouvelle extériorisation de symptômes.

Les résultats sont résumés au tableau 6. Il apparaît clairement que, dans les conditions de nos expériences au moins, la maladie est en mesure de persister chez un certain nombre de ceps, jusqu'à plusieurs années après inoculation, et ceci sans nouvelle réinoculation, comme l'atteste le maintien sans symptôme de Flavescence Dorée, de la totalité des ceps témoins tout le temps qu'ont duré les observations.

La proportion de ceps qui guérissent n'augmente que progressivement. La figure 1, établie sur les observations relatives à la première série, donne une idée de cette progressivité. On peut noter chez un certain nombre de pieds — ceux qui sont appelés à « guérir » — une diminution progressive de l'intensité des symptômes

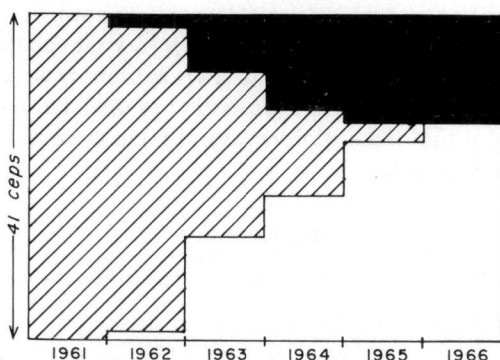


FIG. 1. — Représentation graphique de la cadence de la restauration chez un lot de 41 ceps malades (expériences de 1961)

Hachures : nombre de ceps malades
Noir : nombre de ceps morts
Blanc : nombre de ceps « guéris »

d'année en année. Il s'agit, dans plusieurs cas, de plants se reconstituant à partir d'un rejet du pied. Encore ces plants demeurent-ils longtemps faibles, grêles et demandent-ils plusieurs années avant de reformer une charpente de quelque vigueur (voir exemple fig. 2).

Inversement, on observe une certaine mortalité, qui tend à s'aggraver d'année en année, et les ceps appelés à mourir extériorisent plusieurs années de suite des symptômes intenses, qui, se superposant au manque de vigueur général dû à l'attaque de première année, ont pour effet de provoquer finalement la mort du sujet.

Cette mortalité que l'on ne peut attribuer à aucune autre cause que la maladie, constitue encore une particularité de ces expériences par rapport à ce qui peut être observé en plein champ, où la mortalité totale de ceps de *Baco 22 A* francs de pied atteints de FD est exceptionnelle et même quasi inexistante, du fait de la tendance de ces ceps à émettre constamment de nouveaux rejets des parties inférieures ou de la base du tronc. Cependant, dans les vignobles fortement atteints plusieurs années de suite, on peut observer des ceps en quelque sorte « partiellement » morts par destruction limitée (sectorialement, ou sur une certaine hauteur), voire même quasi totale du tronc primitif, auquel se substitue un nombre plus ou moins important de rejets.

3. Virulence de la maladie

La rapidité et la précocité de l'apparition des symptômes, leur extériorisation généralement très violente et, enfin, les taux de mortalité relativement élevés, observés dans les expériences décrites ci-dessus, pourraient être l'expression d'une « virulence » accrue de la maladie à l'égard des jeunes ceps que nous utilisons, ou inversement d'une sensibilité plus grande de ceux-ci, indépendamment de l'intervention

d'autres facteurs déjà envisagés plus haut (facteur « temps », conditions de l'expérimentation etc.)

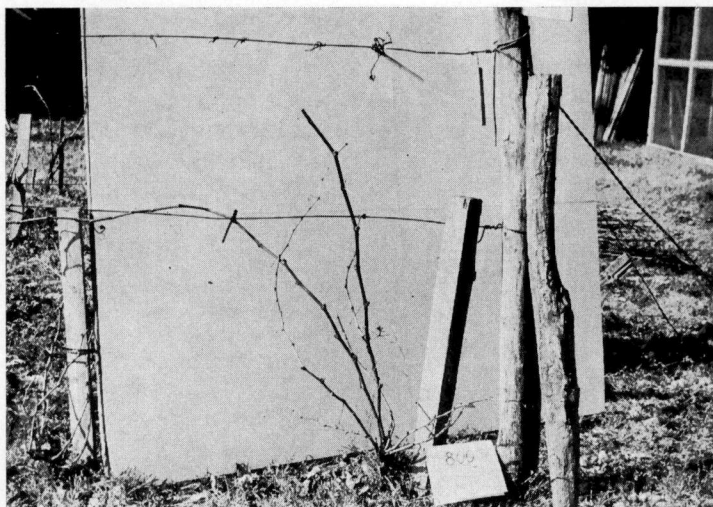


FIG. 2. — Photographies en fin d'hiver (mars 1966) de ceps (Baco 22 A) soumis à des expériences en 1962 montrant le développement de la végétation

En haut : Le cep de gauche est un cep témoin, non inoculé, n'ayant jamais été atteint de FD. Le cep de droite, inoculé s'était montré malade en 1962, 1963, 1964.

En bas : Autre cep inoculé en 1962, ayant accusé des symptômes de FD en 1962, 1963, 1964.

L'un des résultats de nos diverses expériences est particulièrement constant et reproductible : il s'agit des inoculations, sur jeunes plants de *Baco 22 A*, avec 10 *Scaphoideus* maintenus de 15 à 30 jours sur plants malades, puis 30 jours au moins sur

les plants à tester. Cette conjoncture s'est trouvée maintes fois répétée au cours de ce travail et, dans ces conditions, l'on obtenait régulièrement, à l'exception d'une série (voir ci-après) 60 p. 100 au moins, souvent plus (75 p. 100 en moyenne) de ceps malades. La plupart, pour peu que l'expérience soit commencée avant le début d'août, accusent les symptômes l'année même, et régulièrement, un certain nombre (variable selon les séries et les années) périt au cours des années qui suivent l'inoculation. Tous les ceps malades sont très fortement marqués de symptômes généralisés.

Une expérience fut entreprise en 1964, sur le même schéma (insectes maintenus sur plants malades du 16 juin au 15 juillet, soit 30 jours, puis sur plants à tester jusqu'au 17 août, soit 33 jours). Elle intéressait 14 ceps *Baco 22 A* francs de pied de 4 ans, à fort développement. L'inoculation (10 *Scaphoideus* aux 4^e et 5^e stades larvaires) sous manchon, fut localisée à un seul sarment de chacun des ceps. Celui-ci, repéré et marqué, subit la taille d'hiver (5 à 6 yeux étant conservés) de même que les autres, sans qu'aucun symptôme net n'ait été observé l'année même de l'expérience. Au cours de l'été suivant apparurent les symptômes de Flavescence Dorée, selon le décompte suivant :

— Deux ceps n'accusèrent que des symptômes réduits ou même douteux : l'un n'extériorisait que la seule dessiccation des rafles, sans symptômes foliaires, et limitée aux rameaux issus de sarment inoculé, l'autre seulement des symptômes foliaires limités aux extrémités de rameaux.

— Quatre ceps accusèrent des symptômes nets, mais limités aux seuls rameaux issus du sarment inoculé.

— Deux ceps seulement accusèrent des symptômes généralisés.

Donc, si la proportion généralement observée de pieds malades à l'issue d'expériences de même type, se trouvait ici encore à peu près respectée, la virulence de la maladie semblait bien moindre, sur ces ceps plus âgés, tant par la moins grande rapidité d'apparition des symptômes que par leurs manifestations, en général moins aiguës et plus localisées.

Une autre expérience fut entreprise en 1965, avec confrontation de ceps d'âges différents, infectés uniformément par des insectes (10 par pied) d'un même lot (maintenus sur plants malades du 16 juin au 12 juillet, soit 26 jours puis 30 jours sur les plants à expérimenter). Nous avons :

19 plants issus de boutures de l'année
20 plants de deux ans
19 plants de quatre ans

... tous *Baco 22 A* provenant de nos propres obtentions, connus de nous et maintenus indemnes de Flavescence Dorée.

Par rapport aux résultats habituellement obtenus les autres années dans des conditions semblables, ceux de cette expérience furent aberrants, notamment quant à la proportion de ceps devenus malades, ceci probablement en raison d'une forte tempête accompagnée de violentes précipitations (pluie et grêle) dans la nuit du 13 au 14 juillet qui, en dépit de la protection par le manchon provoqua une importante mortalité d'insectes. Nous fournissons cependant ces résultats (arrêtés au cours de l'été suivant) car ils semblent faire ressortir une différence dans la proportion de ceps atteints, selon leur âge. En effet, aucun des ceps de quatre ans n'accusa de

symptômes, alors que trois de ceux de deux ans et huit de ceux de l'année, extériorisèrent la maladie.

Ces expériences, qui auraient mérité d'être reprises, mais ne purent l'être faute de matériel adéquat (notamment de ceps âgés dont nous soyons sûrs de l'état sanitaire initial), tendent sinon à démontrer, du moins à étayer une hypothèse selon laquelle la virulence de la maladie, la vitesse d'apparition et l'intensité des symptômes pourraient, toutes choses égales d'ailleurs, être fonction de la quantité d'inoculum mise en œuvre, par rapport à la masse végétale existante. Cette quantité d'inoculum étant elle-même fonction, entre autres facteurs, du nombre d'insectes infectieux (donc du nombre global d'insectes) en présence sur le végétal considéré, et aussi du nombre de piqûres qu'ils peuvent effectuer, donc, dans une large mesure, de la durée de leur séjour sur le végétal : en ce sens, les résultats des expériences relatées sous le n° 13 contribueraient également à étayer l'hypothèse.

D'autres apports expérimentaux y contribuent également. Il s'agit des résultats de diverses expériences mettant en œuvre un nombre varié de Cicadelles, mais qui toutes respectent les conditions de délais définies plus haut (quinze jours au moins d'acquisition, 30 à 40 jours d'infection). On a ainsi observé :

1 test positif sur 50 avec 1 seul insecte	(1965)
3 tests positifs sur 19 avec 2 insectes	(1963)
9 tests positifs sur 40 avec 6 insectes	(1962)

Le caractère hétéroclite de ces observations et le fait que les expériences n'aient pas été réalisées en même temps leur retire, bien entendu, beaucoup de signification. Elles conservent cependant une certaine valeur d'orientation, et le problème peut d'ailleurs se poser de savoir si entrent en cause ici, la masse d'inoculum par rapport à la masse végétale, ou plus simplement, le taux d'individus effectivement porteurs de l'agent infectieux.

Ces hypothèses mériteraient sans doute d'être réexaminées et réétudiées à la lumière des données nouvelles obtenues récemment par plusieurs auteurs sur la nature des agents de certaines maladies de type « Jaunisse » (cf. observation ci-dessus).

CONCLUSIONS

Nous pensons avoir largement démontré le rôle vecteur de *Scaphoideus littoralis* dans la transmission de la Flavescence Dorée. La question demeure posée de la possibilité d'existence d'autres espèces vectrices. Le caractère négatif des résultats des premières expériences entreprises pour résoudre cette question (CARLE et MOUTOUS, 1967) ne permet évidemment pas une conclusion définitive. Une chose est certaine : la responsabilité de *Scaphoideus littoralis* dans la propagation « épidémique » de la Flavescence Dorée, telle qu'elle s'est produite en Armagnac au cours des dernières années, propagation favorisée par une libre pullulation de l'insecte vecteur, en même temps sans doute que par la sensibilité du *Baco 22 A* à la maladie.

Toutes les études et toutes les observations faites, tant sur l'insecte lui-même (éthologie, cycle évolutif), que sur les modalités de transmission, tendent vers la même conclusion : la transmission de l'agent causal s'effectue essentiellement de

vigne à vigne, et à partir seulement de sujets extériorisant des symptômes. Nous continuons de considérer comme possible la transmission d'autres plantes à la Vigne par d'autres vecteurs, ou même par *Scaphoideus littoralis*, et en dépit des résultats négatifs des expériences effectuées sur ce point, surtout parce que celles-ci n'ont pu être que limitées, notamment par les possibilités de survie des différentes espèces sur les différents supports végétaux. Nous estimons cependant que ces modes de transmission, s'ils existent, ne peuvent jouer qu'un rôle négligeable en Armagnac, par rapport à la transmission directe de vigne à vigne par *S. littoralis*.

Ces faits, ainsi que les connaissances acquises par ailleurs sur *Scaphoideus littoralis*, nous ont convaincus qu'il était possible d'envisager pratiquement la destruction de l'insecte par voie chimique et ainsi de lutter contre la propagation de la maladie. Les recherches sur les modalités de la transmission ont permis de préciser celles de cette lutte (date et périodicité des traitements) et les conditions à remplir pour que les interventions aient leur meilleure efficacité.

Il s'est trouvé par ailleurs que, grâce aux caractéristiques de la maladie elle-même (notamment possibilité de « guérison » des ceps), cette lutte chimique a pu revêtir un aspect curatif. Nous revenons sur ces aspects de la question dans un autre mémoire.

Certes, ainsi que nous l'avons souligné, les conditions de nos expériences ont très vraisemblablement modifié les modalités de la transmission par rapport à ce qu'elles sont au champ. Sans pouvoir le démontrer péremptoirement, nous pensons, sur la base des observations que l'on peut faire dans la nature, que cette modification serait plutôt dans le sens d'un accroissement des possibilités de transmission de la maladie dans les conditions expérimentales. Nous considérons cependant comme prudent de continuer à se fonder sur ces résultats expérimentaux pour la détermination des conditions d'application de la lutte.

Reçu pour publication en juin 1969.

SUMMARY

FURTHER DATA ON THE TRANSMISSION OF « FLAVESCENCE DORÉE » OF VINEGRAPE BY *SCAPHOIDEUS LITTORALIS* BALL.

Different experiments have been conducted in order to obtain precise information on the mode of transmission of *Flavescence Dorée* by the vector-insect *Scaphoideus littoralis* BALL. (Homopt. Jassidae).

Material and methods have been described in a previous paper (SCHVESTER, CARLE, MOUTOUS, 1963 a).

The experiments gave the following results :

— The acquisition period is generally about a week at least (7-8 days), occasionally (only 1 case in a 100) 4 days.

— There is a long latent period, related to the acquisition period : on the whole, the transmission (acquisition + latency + inoculation periods) requires at least 38-42 days (35 days exceptionally). It has been impossible to determine a true « inoculation period » but the number of positive tests seems to be related to the time spend by the infectious insects on the healthy plants.

— The retention period is very long : it may last for the rest of the life time of the insect.

— In the experimental conditions, the infectious agent may be acquired during all the different larval stages of the insects. It is transmitted by both sexes, perhaps a little more efficiently by males than by females.

The disease cannot be transmitted from symptomless parts of diseased stocks, nor from symptomless young stocks issued from diseased ones.

Transmission tests from phyllody-diseased plantain (*Plantago lanceolata* L.) to grapes were negative. So were the tests from FD diseased vines to plantain, in spite of a good survival of *S. littoralis* on this plant-species.

In the experimental conditions, the incubation period of the disease in the infected plant (observed from the first day of infestation by infestious leafhoppers, to the first external expression of the symptoms) was at least 60-75 days. Thus, the incubation period seems to be much shorter than in the field. The experimental conditions probably modify in some ways the characteristics of the transmission, as well as modifying the plant growth, and accelerating the life-cycle of the insect itself, because of a so-called « glasshouse effect » caused by the nylon net-caps used for the caging of leaf hoppers on the plants.

The mortality of diseased tested-stocks is important whereas inexistant on field stocks. This seems to be related to a greater sensitivity of very young stocks, used for these experiments. Thus an experiment on older stocks seems to indicate that the disease becomes less generalized.

A single infectious insect is able to transmit the FD, but some experiments suggest the hypothesis that the effectiveness of the transmission might be related to the insect number involved. It might be possible that the amount of inoculum in regard to the plant mass, plays a part in the intensity and the rapidity of expression of the symptoms, and in the virulence of the disease.

ZUSAMMENFASSUNG

NEUE ERGEBNISSE ÜBER DIE ÜBERTRAGUNG DER « FLAVESCENCE DORÉE » DURCH *SCAPHOIDEUS LITTORALIS* BALL.

Verschiedene Erfahrungen haben über der « Flavescence Dorée » — Übertragungsweise durch *S. littoralis* genaue Erkundigungen können lassen.

Material und Methoden wurden in eine vorgehende Mitteilung (SCHVESTER, CARLE, MOUTOUS, 1963 a) beschrieben.

Die Erfahrungen gaben folgende Ergebnisse :

— Die Erwerbszeit dauert allgemeins am mindestens eine Woche (7-8 Tage), ausnahmsweise (nur ein Fall unter etwa hundert) 4 Tage.

— Die Latenzzeit, die mit Erwerbszeit beziehend ist, erzeugt sich lang : Gänzlich gebrauch die Übertragung (Erwerbs- + Latenz- + Inokulierungs- Zeiten) am mindestens 38-42 Tage (ausnahmsweise 35 Tage). Eine richtige Bestimmung einer « Inokulierungszeit » war nicht möglich, aber die Anzahl positiver Proben scheint mit der Aufenthaltsdauer der Insekten auf den zuerst gesunden Pflanzen verbunden zu sein.

— Sehr lange dauert die Verhaltungszeit : Sie kannt die ganze übrige Lebenszeit des Insektes fortsetzen.

— In unsere experimentelle Bedingungen, kann der infektiöse Wirkungsagent der Krankheit, durch Insekten an allen Larvenstadien erworbt sein. Es gibt Übertragung durch beide Geschlechter, aber vielleicht durch Männchen ein wenig wirksamerweise als durch Weibchen.

Die Übertragung von symptomlosen Trieben kranker Reben, oder von jungen von kranker Reben abstammend symptomlosen Stöcke ab, ist unmöglich.

Übertragungsproben von Phyllodie-befallen Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*) an Reben würden negativ, sowie Proben von FD-befallen Reben an Wegerich, trotz des befriedigten Überlebens von *S. littoralis* aus dieser Pflanzenart.

Ausbrütungszeit der Krankheit in der infizierte Pflanze (Vom ersten Tage der Infizierung mit infektiösen Zikaden an erste äusserliche Symptomenausdrückung beobachtet) dauerte am mindestens 60-75 Tage in den experimentellen Bedingungen. So scheint hier diese Aubrütungszeit sehr kürzer als im Felde zu sein. Möglich können die experimentellen Bedingungen einige Charakteristiken der Übertragungsweise modifizieren, sowie sie die Pflanzenwuchs verändern, infolge einer sogenannte « Glashauswirkung » die durch Nylontüll Käfige, die um die Zikaden auf den Pflanzen zu erhalten benützt sind, verursacht ist.

Die Sterblichkeit der befallene Stöcke ist wichtig in den Proben anstatt nichtig im Felde. Dies scheint an der grössere Empfindlichkeit der sehr junge (wie diejenige für diese Erfahrung benützt) Stöcke zu verbinden zu sein. So scheint eine Erfahrung mit ältere, grösser gewachsene Stöcke, dass die Krankheit nicht so sämtlich ältere Pflanzen befallt, zu erzeugen.

Eine einzige Zikade kann die FD übertragen, aber dass die Wirksamkeit der Übertragung mit der Anzahl infektiöser Insekten verbunden sein könnte, lassen einige Proben voraussetzen. Möglich könnte die Inokulumsmenge, mit der Pflanzenmasse beziehend, in der Stärke und der Schnelligkeit des Symptomenausdrucks, und in der Virulenz der Krankheit, eine Rolle spielen.

TRAITEMENTS INSECTICIDES ET GUÉRISON DES VIGNES ATTEINTES DE FLAVESCENCE DORÉE

D. SCHVESTER

*Station de Zoologie agricole,
Centre de Recherches de Bordeaux, 33 - Pont-de-la-Maye ⁽¹⁾
Institut national de la Recherche agronomique*

SOMMAIRE

Expériences de lutte contre la Flavescence Dorée dans le Sud-Ouest, par destruction de son vecteur, *Scaphoideus littoralis*, au moyen d'insecticides. De très bons résultats sont enregistrés : l'effet curatif des traitements permet la remise en production des vignobles atteints. Les observations effectuées à l'occasion de ces essais suggèrent une discussion sur les divers aspects de l'effet des traitements et une hypothèse d'ensemble sur le « mécanisme » de la guérison et de la restauration des vignobles.

INTRODUCTION

Nous proposons, dans le présent mémoire, la synthèse des expériences de lutte par traitements insecticides contre la Flavescence Dorée. La question n'est envisagée ici que du seul point de vue de l'effet de ces traitements sur l'état sanitaire du vignoble quant à cette maladie. Nous ne revenons pas sur les tests d'efficacité de divers produits contre l'insecte vecteur lui-même.

Au cours des neuf campagnes (1957-1966) durant lesquelles se prolongèrent les essais et les observations, l'esprit dans lequel furent tentées ces expériences, a considérablement évolué : les approches successives à mesure que se précisaient les connaissances dans d'autres secteurs (cycle et biologie des Cicadelles notamment), aboutirent à la mise au point d'une méthode, maintenant largement utilisée dans les régions intéressées.

(¹) Adresse actuelle : Station de Recherches forestières, Chemin de Ramatuel, 84 - Avignon.

Aussi pour la bonne compréhension de l'ensemble, croyons-nous utile de retracer en un court « historique » l'ambiance générale des travaux, son évolution, les modifications dans l'esprit et dans l'exécution des essais que cette évolution suscita.

I. — GÉNÉRALITÉS

I. « Historique » des essais

Dans une première phase, « empirique » (1956-1959), on se proposa surtout de vérifier les hypothèses émises par ailleurs sur le rôle éventuel de *Empoasca flavescens* et qui découlaient de certaines observations selon lesquelles des vignobles traités aux insecticides semblaient demeurer plus ou moins à l'abri de la maladie. On mit alors en œuvre une « couverture » au parathion ou au parathion-méthyl, échelonnée du 20-25 mai au 30 juillet-5 août environ à raison de 4 à 5 applications, combinées avec les traitements fongicides au zinèbe ou au zinèbe-cuivre.

Deux des trois essais mis en place à cette époque furent conduits selon un dispositif de couples avec témoins, chaque parcelle comportant 9 rangs, sur une plus ou moins grande longueur selon les possibilités du lieu.

Dès la fin de 1958, nous étions en mesure d'affirmer que *E. flavescens* n'était pas, du moins par son action directe, à impliquer dans la Flavescence Dorée. Le résultat des études biologiques nous amenait, en outre, à décaler la « couverture » insecticide et à la porter du 1^{er}-5 juin environ au 5-10 août. Ceci fut appliqué, à partir de 1959-1960, tant pour certains essais déjà en place que pour un nouveau train d'essais installé à cette époque. En même temps, on commença à expérimenter avec le D.D.T.

Certains résultats, joints à l'observation en 1959 et 1960 du comportement de *S. littoralis* (déjà considéré comme le vecteur le plus probable) nous ont incité alors à renoncer entièrement aux dispositifs par couples de petites parcelles, les unes traitées, les autres non. En effet, si la tendance générale du vignoble, considéré dans son ensemble, se montrait souvent favorable, les résultats étaient irréguliers et peu interprétables, même après élimination des observations relatives aux rangs de bordure. Nous savions que les possibilités de vol de *S. littoralis* adulte étaient importantes, et les interactions dues à ces déplacements étaient très probablement en cause.

L'établissement, en 1961, du rôle vecteur de *S. littoralis* nous amena à installer à partir de 1962, de nouveaux essais, généralisés de préférence à de grandes parcelles. A cette époque aussi fut mise en place, ce que nous appelons plus loin « l'expérience de Salles d'Armagnac » réalisée à l'échelle d'une commune entière. Les tests de plein champ démontrèrent la validité du parathion, comme du DDT comme destructeurs de *S. littoralis*. Le cycle de *S. littoralis* étant alors bien connu, nous nous en sommes tenus dès lors à une « couverture » de 5 traitements, échelonnés, selon un calendrier type du 5-10 juin à mi-août.

Par la suite, les études sur les modalités de la transmission ont amené à préconiser pour la pratique certaines modifications à ce calendrier : première intervention plus

(1) Étant donné la méthode de contrôle des résultats employée (cf. plus loin), les résultats relatifs aux traitements d'une année, ne peuvent être connus qu'à la fin de la saison suivante. D'éventuelles modifications aux techniques d'essais ne peuvent donc être apportées que pour la campagne qui suit ces constatations, donc deux ans après l'essai qui les amène.

tardive (D. SCHVESTER, P. CARLE, 1964) rendue possible par l'important délai de latence du virus chez l'Insecte ; fin des interventions plus tardive également, pour tenir compte des dangers de réinfestation d'ailés infectieux provenant de vignobles non traités. Nous insistions aussi sur la nécessité de généraliser ces mesures de lutte afin de réduire le plus possible ce dernier risque.

2. Méthodes d'essai et de contrôle

Ayant dû renoncer aux essais comparatifs entre parcelles soumises aux insecticides d'une part, et parcelles témoins d'autre part, nous sommes donc amenés à traiter le sujet sous forme d'un examen de l'évolution de la maladie dans des parcelles dont chacune est considérée comme un « cas ». Cette démarche est en somme analogue à celle courante en médecine humaine, de l'examen et de la description de « cas cliniques ».

Une telle procédure n'a sans doute pas la même valeur démonstrative. Nous avons été cependant dans l'obligation de l'utiliser, comme, pensons-nous, la seule applicable, ce que, par eux-mêmes, certains des résultats exposés, contribuent à démontrer. Ceci nous a amenés à multiplier le nombre des expériences.

Les relevés sont effectués en fin de saison (octobre-novembre) chaque année : dans les parcelles (ou fraction de parcelles) examinées chaque pied est affecté d'une note, de 0 à 5, selon l'échelle de notation imaginée dès les débuts, par CAUDWELL. Afin de diminuer, dans la mesure du possible, l'incidence des erreurs personnelles le même observateur (nous-même en l'occurrence) procéda tout au long de toutes les campagnes, à l'affectation de la note. Celle-ci ne tient compte que des symptômes de maladie, de leur intensité et de leur plus ou moins grande généralisation sur le cep, et non de la « vigueur » ou de la plus ou moins forte végétation de celui-ci.

Chaque pied est ainsi « suivi » individuellement plusieurs années de suite.

Dans ce qui suit, et bien que ces notations par pied nous aient donné de précieux renseignements, nous fournissons généralement les résultats uniquement sous forme de pourcentages de pieds malades par rapport au total examiné.

Dans une même parcelle, ces résultats sont à juger d'une année par rapport à la précédente, ce qui revient à juger de l'évolution de l'incidence de la maladie dans le vignoble considéré.

Remarquons cependant que les chiffres que nous fournirons ne reflètent pas la situation exacte, car ils ne représentent la situation que l'année même du relevé, et ne sont donc pas cumulatifs.

II. — LES ESSAIS ET LEURS RÉSULTATS

1. Parcelle n° 1

Baco 22 A franc de pied. Plantation de 1947. Très bon état végétatif. La parcelle compte 2 100 pieds. Premières attaques observées en 1955 (d'après le propriétaire).

La parcelle est enclavée dans des bois, isolée de tous côtés par une haute barrière (pins maritimes et chênes), sauf sur une quarantaine de mètres, sous le vent dominant, où elle donne sur une lande.

Traitements effectués.

1957-1958-1959. — Cinq traitements au parathion-méthyl (30 g de matière active/HI) échelonnés de 15 à 18 jours sur la période de fin mai (25 mai) au début août (5 août). Les traitements sont effectués par nous-mêmes.

1960-1961-1962. — Un premier décalage du calendrier de traitements amène à échelonner ceux-ci du 10 juin au 10 août. Les traitements toujours au parathion-méthyl sont effectués, sur nos indications, par le propriétaire. Celui-ci cependant, victime d'un grave accident du travail en 1961, ne peut les faire effectuer correctement cette année-là.

1963-1964-1965. — Nouveau décalage du calendrier : les traitements se trouvent échelonnés différemment trois traitements répartis du 15 juin au 15 juillet, puis deux traitements vers les 5 et 20 août.

Observations.

Les contrôles portent sur la totalité de la parcelle ; ils ont donné les résultats suivants :

	Nombre de pieds présentant des symptômes	P. 100
1957	924	44,0
1958	680	32,3
1959	956	45,5
1960	720	34,2
1961	415	19,8
1962	790	37,6
1963	718	34,1
1964	244	11,6
1965	268	12,2

Les observations traduisent l'insuffisance des traitements au cours de la première période (1957 à 1959 inclus ⁽¹⁾). On observe bien, globalement, sur cette période, une certaine stabilisation de l'incidence de la maladie, avec des fluctuations liées probablement à la superposition de deux phénomènes : (i) fluctuations de l'extériorisation des symptômes selon les années, chez un certain nombre de ceps et (ii) manifestations nouvelles sur ceps non précédemment recensés comme malades, et liées sans doute à des apports d'Insectes de l'extérieur ⁽²⁾. Leur nombre, peu important, est en partie compensé par celui des ceps « guéris », que ce soit complètement ou de façon seulement apparente encore.

Le premier décalage du calendrier de traitements en 1960 (suscité par les progrès dans la connaissance du cycle de *S. littoralis*) semble porter ses fruits en 1961. La recrudescence observée en 1962 traduit très probablement le délaissement de cette

(1) Rappelons que les observations sont à rapporter aux mesures prises en 1959 (cf. note ⁽¹⁾ page 468),

(2) Les comptages effectués en 1958, 1959 et 1960 sur cette même parcelle (ainsi que sur d'autres), vers fin juillet (avant donc l'apparition des *Scaphoideus* adultes) n'ont jamais laissé apparaître que des populations extrêmement faibles voire nulles en Cicadelles.

parcelle par suite des circonstances en 1961 : on observe en effet un nombre important (près de 300) de malades « nouveaux », ceps jamais observés jusque là comme atteints, ou ceps n'ayant plus extériorisé de symptômes depuis plusieurs années. Leur grande majorité est d'ailleurs concentrée au voisinage de la trouée dans les bois qui entourent la parcelle.

Les années suivantes, après une seconde modification du calendrier, on observe un abaissement progressif de l'incidence de la maladie dans la parcelle.

2. Parcelle n° 2

Également sise à Larée. *Baco 22 A* franc de pied, plantation de 1930 environ. Bon état végétatif. La parcelle compte 960 pieds répartis sur 10 rangs. Premières attaques de FD observées en 1955.

Traitements effectués.

Aucun traitement insecticide jusqu'en 1959 inclus. A partir de 1960, traitements exécutés sous notre contrôle, selon le calendrier exposé ci-dessus, au parathion-méthyl à 30 g de M. A/hl. La parcelle était cependant en observation depuis 1957, et les relevés y étaient régulièrement effectués.

Observations.

Les relevés portent sur la totalité de la parcelle, exception faite de deux rangs de bordure, moins bien venus, soit sur 785 pieds. Ils donnent les résultats ci-après.

	Nombre de pieds présentant des symptômes	P. 100
1957	204	25,9
1958	226	28,8
1959	359	45,7
1960 (1 ^{ers} traitements)	560	71,4
1961	420	53,6
1962	291	37,1
1963	275	35,1
1964	155	19,7
1965	101	12,9

On constate l'extension progressive de la maladie puis une diminution progressive et de plus en plus nette de son incidence, à partir des premières campagnes de traitements.

3. Parcelle n° 3

Baco 22 A. Franc de pied, plantation de 1955. Bon état végétatif. La parcelle compte 1818 pieds, répartis sur 18 rangs. Elle est contiguë à la précédente. Premières attaques observées en 1957 (par nous mêmes).

Traitements effectués.

Conditions d'exécution identiques à celles appliquées à la parcelle précédente.

Observations.

Les relevés portent sur 12 rangs soit 1206 pieds.

	Nombre de pieds présentant des symptômes	P. 100
1957	7	0,6
1958	31	2,5
1959	190	15,6
1960 (1 ^{ers} traitements)	790	66,3
1961	771	64,6
1962	535	44,4
1963	467	38,7
1964	345	28,6
1965	211	17,5

On constate, qu'à l'extension brutale, particulièrement en 1959-1960, de la maladie, fait suite sa régression progressive, corrélativement à l'exécution des traitements.

4. *Parcelles n° 4 et 5*

Situées à Manciet (Gers). *Baco 22 A* franc de pied. Plantations de 1947-49 environ. Très bon état végétatif.

Les deux parcelles, tout en étant bien individualisées, font partie d'un vignoble de plusieurs hectares d'un seul tenant, appartenant au même propriétaire. La première (n° 4) comporte environ 2 000 pieds répartis sur 24 rangs. La seconde, environ 2 800 pieds répartis sur 36 rangs. Elles ne sont séparées l'une de l'autre que par un chemin.

Les premières attaques de FD y avaient été observées en 1956 et prenaient une extension alarmante.

Traitements effectués.

A partir, de 1959, traitements généralisés à tout le vignoble par le propriétaire, à raison de 6 interventions annuelles échelonnées du 10 juin au 25 août environ, à intervalles sensiblement réguliers. Le parathion-méthyl est employé à raison de 30 g de M. A./hl. La parcelle n° 4 toutefois, est traitée au DDT (150 g de M. A. par hectolitre).

Le même calendrier est maintenu tous les ans.

Observations.

Les relevés portent pour la parcelle n° 4, sur deux bandes de trois rangs, totalisant 506 pieds, pour la parcelle n° 5 sur 3 bandes de 4 rangs totalisant 720 pieds, soit pour chaque parcelle le tiers de l'effectif total (voir tableau ci-dessous).

		Nombre de pieds présentant des symptômes	P. 100
Parcelle 4	1959	322	63,6
	1960	144	28,5
	1961	75	14,8
	1962	34	6,7
	1963	29	5,7
	1964	13	2,6
Parcelle 5	1959	345	47,9
	1960	172	23,9
	1961	107	14,9
	1962	57	8,0
	1963	51	7,1
	1964	29	4,0

5. Parcelle n° 6

Située en Bas Armagnac landais, commune de Parleboscq. *Baco 22 A* franc de pied, plantation de 1940. État végétatif assez médiocre. La parcelle est relativement isolée, mais sans aucun écran susceptible de la protéger des apports extérieurs. Elle compte 1650 pieds. Les premières attaques de FD remontaient à 1956-57.

Traitements effectués.

A partir de 1960 au parathion-méthyl selon le calendrier défini plus haut (deuxième, puis troisième phases) (cf. parcelle n°1).

Initialement l'essai avait été installé selon un dispositif à 4 couples témoins et traités, chacune des parcelles comportant 9 rangs. A partir de 1963 le traitement fut généralisé à la totalité de la pièce.

Observations.

Les relevés portent sur les 5 rangs médians de chacune des parcelles définies plus haut. Leurs résultats sont donnés ci-dessous globalement, sans distinction entre parcelles « témoins » et parcelles traitées.

	Nombre de pieds présentant des symptômes	P. 100
1960	223	26,3
1961	341	41,2
1962	299	36,1
1963 (Généralisation du traitement)	305	36,8
1964	171	20,7
1965	124	14,9

En effet, aucune différence significative n'est notée au cours de la première phase dans l'évolution de la maladie dans les diverses parcelles. Une certaine « stabi-

lisation » sur l'ensemble peut cependant être observée. Très probablement interviennent des interactions entre parcelles témoins et parcelles traitées (passages d'insectes infectieux des unes aux autres, notamment, en fin de saison, d'adultes ailés). La précaution prise d'éliminer du compte des résultats deux rangs de part et d'autre de chaque parcelle (soit 4 mètres) reste ici sans effet. Au contraire, l'incidence de la maladie décroît considérablement dès l'année suivant la généralisation du traitement à l'ensemble du vignoble.

L'essai (ainsi d'ailleurs que quatre autres non détaillés ici installés sur le même schéma initial) fait donc ressortir d'une part, l'insuffisance de traitements effectués dans ces conditions mais d'autre part aussi, l'impossibilité d'obtenir au moyen d'expériences de ce type, une information concluante sur la validité des traitements.

6. Parcelle n° 7

Sise à Mimbaste (Landes, région de Chalosse). *Baco 22 A* franc de pied, plantation de 1950 environ, très bon état végétatif. Petite parcelle relativement isolée, de 630 pieds. Les premières attaques de FD (selon le propriétaire) remontent à 1958.

Traitements.

Les traitements sont effectués régulièrement au DDT, selon le même calendrier que ci-dessus, à partir de 1960.

Observations.

Le contrôle porte sur la totalité de la parcelle, mais n'a pu être effectué ni en 1962 ni en 1963.

	Nombre de pieds présentant des symptômes	P. 100
1960	379	60,2
1961	187	29,6
1964	70	11,1

On observe un abaissement considérable au bout de quatre ans, non seulement du nombre de pieds attaqués, mais aussi de la gravité de la maladie sur les malades restants.

7. Parcelle n° 8

Située à Monclar (Gers). *Baco 22 A* franc de pied plantation d'environ 1935. État végétatif assez satisfaisant. Grande parcelle d'environ 2 700 pieds où les premières attaques de la maladie remontent à 1956-57. De très nombreux ceps se trouvent fortement dégradés lorsque sont faites, en 1962, les premières interventions.

Traitements.

Les traitements sont effectués au DDT selon le calendrier ci-dessus (3^e phase) à partir de 1962.

Observations.

Les observations portent sur la moitié de la parcelle, à raison d'un rang sur deux, soit 1 345 pieds. Les résultats observés sont les suivants :

	Nombre de pieds présentant des symptômes	P. 100
1962	1 058	78,6
1963	886	65,8
1964	594	44,1
1964	384	28,5

8. Parcelle n° 9

Située à Réans. *Baco 22 A* franc de pied, plantation de 1940. Très bon état végétatif. La parcelle, d'environ 2 500 pieds fait partie d'un vignoble de 3 ha environ, en divers cépages qui sera en totalité soumis aux traitements. Les premières atteintes de maladie remontent à 1957 environ.

Traitements

Les traitements (au parathion-méthyl) commencent à partir de 1962, selon le même calendrier que la parcelle précédente.

Observations.

Les contrôles portent sur 708 pieds répartis en 4 groupes de 3 rangs, chaque rang étant de 59 pieds.

	Nombre de pieds présentant des symptômes	P. 100
1962	567	80,1
1963	428	60,5
1964	303	42,8
1965	207	29,2

9. Parcelle n° 10

Ugni blanc greffé sur 3309 C. Plantation de 1930 environ. Bon état végétatif. Age : 40 ans environ.

La parcelle fait partie du même vignoble que la précédente et reçoit les mêmes traitements à partir de 1962, la maladie y étant apparue à peu près en même temps. Elle comporte environ 520 pieds.

Observations.

Les observations portent sur la totalité de la parcelle, mais une certaine morta-

lité de ceps (voir plus loin) étant apparue, le tableau ci-après ne tient compte que des ceps survivants à la fin des observations, au nombre de 446.

	Nombre de pieds présentant des symptômes	P. 100
1962	231	51,7
1963	142	31,8
1964	81	18,1
1965	44	9,6

Même en tenant compte de la mortalité survenue, le rythme de guérison est nettement plus rapide que dans la parcelle n° 9. Ceci pourrait être une expression d'une moindre sensibilité de l'*Ugni blanc* (cf. CAUDWELL, 1965 ; SCHVESTER, CARLE, MOUTOUS, 1967).

10. L'expérience de Salles d'Armagnac

Il s'agit d'une expérience de traitements généralisés à la totalité des vignes de la commune de Salles d'Armagnac (Gers). Cette expérience débuta en 1962. Cependant quelques viticulteurs avaient, les années précédentes, déjà procédé à des traitements aux insecticides ce qui explique l'état sanitaire relativement bon dès 1962 de certaines parcelles. Les traitements étaient effectués au parathion-méthyl sur le calendrier à 5 interventions indiqué plus haut, à la diligence des agriculteurs eux-mêmes, animés par le Foyer de Progrès agricole de la Commune.

Les contrôles ont été effectués chaque année sur les mêmes parcelles ou fractions de parcelles, l'ensemble représentant à peu près 5 p. 100 des vignes de la commune, et choisies après un recensement de la totalité du vignoble, de façon à constituer un échantillonnage tant en ce qui concerne la répartition sur le territoire de la commune, que l'état sanitaire initial. Il n'a pas été possible de constituer un échantillonnage de l'encépagement de la commune. Néanmoins, certaines parcelles plantées en d'autres variétés que *Baco 22 A*, ont pu être incluses dans l'ensemble contrôlé.

Ces contrôles ont été effectués par plusieurs personnes (animateurs du Foyer de Progrès agricole), les mêmes observant chaque année les mêmes parcelles selon un schéma simplifié de notation :

- 0 sans symptôme
- 1 peu malade
- 2 moyennement malade
- 3 très malade

Les résultats sont groupés au tableau 1 sous forme, pour chaque année et chaque parcelle, du nombre de pieds malades total, détaillé en peu, moyennement et très malades.

Ils font apparaître avec certaines variations et fluctuations selon les parcelles une tendance nette et générale à la régression de la maladie.

TABLEAU I
Salles d'Armagnac

Parcelle n°	Nombre de pieds contrôlés	Pieds malades															
		1962				1963				1964				1965			
		1	2	3	T	1	2	3	T	1	2	3	T	1	2	3	T
5 (B)	728	130	54	16	200	53	28	14	95	24	31	15	70	15	0	4	19
6 (G)	350	56	26	12	94	32	20	16	68	11	20	21	52	8	6	13	27
8 (B)	763	263	273	159	695	78	178	122	378	175	203	106	487	128	68	27	223
9 (B)	1 530	321	557	586	1 464	273	295	186	754	340	351	223	914	159	88	29	276
17 (B)	569	109	199	181	489	136	206	34	376	94	108	37	239	48	27	39	114
21 (B)	1 089	148	62	19	229	106	20	2	188	115	11	2	128	28	12	3	43
40 (B)	411	49	24	18	81	57	28	6	71	23	11	2	46	21	7	0	28
41 (B)	427	66	36	28	130	30	52	9	91	42	2	0	44	1	0	3	4
41' (U)	299	58	22	12	92	42	30	3	75	18	0	1	19	0	1	1	2
43 (B)	524	67	69	55	191	71	75	6	152	76	33	0	109	0	3	1	4
56 (B)	188	69	67	32	168	67	62	12	131	61	32	9	102	90	16	2	108
63 (B)	705	137	168	141	446	195	148	18	361	100	41	5	146	61	2	2	65
70 (B)	762	63	46	55	164	49	48	33	130	12	36	21	69	24	4	3	31
72 (B)	1 160	311	83	78	472	129	93	57	279	167	89	39	295	non observé			
79 (B)	503	12	12	40	64	28	26	9	63	29	10	1	40	non observé			
86 (B)	994	330	227	259	816	384	123	46	553	237	135	89	461	281	66	21	368

1. Peu malades. 2. Moyennement malades. 3. Très malades.
B. *Baco 22 A.* G. *127 Gaillard.* U. *Ugni blanc.*

III. — LA GUÉRISON DANS LES VIGNES TRAITÉES AUX INSECTICIDES

Malgré l'imperfection obligatoire des méthodes, une conclusion se dégage nettement de ces essais : la destruction du vecteur amène la guérison et la restauration des vignobles atteints de Flavescence Dorée.

Par contre, nous ne connaissons pas de parcelles d'où la maladie ait vraiment

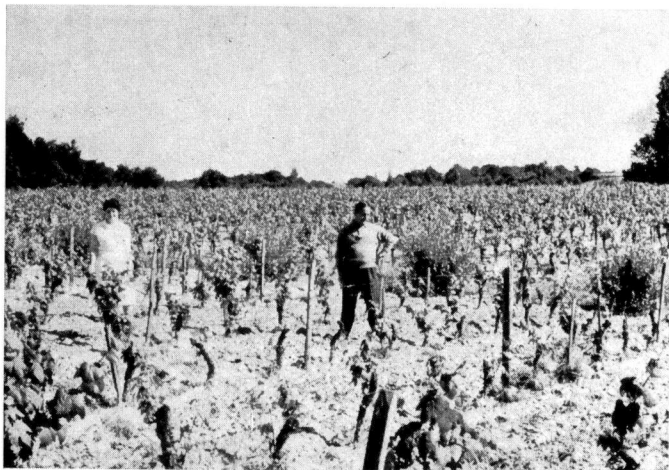


FIG. 1

En haut : Photographie le 30 mai 1962 d'une parcelle de Baco 22 A fortement atteinte de Flavescence Dorée (premières attaques en 1956-57)

L'inhibition de croissance au débourrement due à la FD affecte de très nombreux ceps.

En bas : La même parcelle photographiée le 2 juin 1964, après deux campagnes de traitements contre *S. littoralis*.

Le vignoble est en voie de reconstitution

(les dates des deux photographies correspondent au même stade végétatif du cépage).

régressé en l'absence de traitements. Dans ces conditions, la FD se maintient sur un taux élevé de ceps, aboutissant progressivement à une forte dégradation de la végétation (fig. 1) et à de considérables pertes de récolte : ce fut le cas par exemple jusqu'en 1962, des parcelles 8 et 9.

Cet effet curatif des traitements est donc lié d'une part à la destruction du vecteur, mais d'autre part aussi au caractère spécial, et d'ailleurs inattendu à l'origine, des vignes atteintes de Flavescence Dorée, de pouvoir guérir et se restaurer ⁽¹⁾ en l'absence de réinoculations par le vecteur.

Cette restauration n'est cependant que progressive. En aucun cas elle n'a été très rapide ni totale. Une régression de l'incidence de la maladie apparaît généralement dès l'année qui suit la première campagne de traitements : encore peu apparente à vue sur le terrain, elle se traduit surtout dans les notations chiffrées. Elle se poursuit et s'intensifie les années suivantes; le nombre de ceps sans symptôme augmentant progressivement.

Une certaine variabilité dans la vitesse de restauration apparaît d'ailleurs selon les parcelles. D'autre part, l'analyse des observations tend à démontrer la possibilité de « rechutes » du cep en dehors de toute réinoculation, donc, celle d'une certaine rémanence de l'agent infectieux chez le végétal.

1. Variabilité de la vitesse de restauration. Mortalité

Certaines variations de ces phénomènes semblent pouvoir être reliées à des différences de conditions des parcelles intéressées. Faute de possibilités de répétitions de ces observations, des réserves sont à faire quant à la validité de cette relation. Quelques cas cependant paraissent typiques.

TABLEAU 2

Cadence de guérison selon les délais d'interventions après les premières attaques

Parcelle n°	M % initial	Observations après traitements de ⁽¹⁾					
		1 ^{re} année		2 ^e année		3 ^e année	
		M %	TR %	M %	TR %	M %	TR %
4	63,6	28,5	55,3	14,8	48,0	6,7	54,7
9	47,9	23,9	50,2	14,9	37,8	8,0	46,7
7	60,2	29,6	52,2	—	—	—	—
8	78,6	65,8	16,2	44,1	32,9	28,5	37,0
9	80,1	60,5	24,5	42,8	29,2	29,2	31,6

⁽¹⁾ Observations effectuées en fin de saison de l'année suivant celle du traitement.

⁽²⁾ M % : Taux de pieds malades observé (par rapport au total de pieds notés) l'année considérée.

⁽³⁾ TR % : Taux de réduction du nombre de pieds malades (par rapport au nombre observé l'année précédente).

⁽¹⁾ Cette restauration et la remise en production, peuvent être favorisées par diverses pratiques de fertilisation et d'amélioration des sols, favorables à la végétation en général.

a) La restauration des parcelles où les traitements interviennent rapidement après les premières attaques (par exemple dans les deux ans après celles-ci) semble plus aisée que celle des parcelles négligées plusieurs années : les résultats des parcelles 4, 5 et même 7 où les interventions eurent lieu à partir de la deuxième ou troisième année d'infection, fournissent, sous ce rapport, une intéressante comparaison avec ceux des parcelles 8 et 9 où les traitements ne furent entrepris que 5 à 6 ans après constatation des premières attaques (tabl. 2).

b) A traitements identiques la cadence de guérison semble plus lente chez les ceps attaqués à l'état jeune. C'est ce qui paraît se dégager des observations relatives aux parcelles contiguës n° 2 et 3 : la n° 3 de plantation très récente lors des premières attaques accusa un retard d'au moins un an par rapport à l'autre dans sa restauration (tabl. 3).

TABLEAU 3

Cadence de guérison selon les délais d'intervention après les premières attaques
Cadence de restauration selon l'âge de la Vigne

	Parcelle n° 2 (vigne âgée)		Parcelle n° 3 (vigne jeune)	
	M %	TR %	M %	TR %
1960	71,4		66,3	
1961	53,6	25,0	64,6	2,4
1962	37,1	30,7	44,1	30,6
1963	35,1	5,4	38,7	12,7
1964	19,7	43,6	28,6	26,1
1965	12,9	34,8	17,5	41,7

M % : Taux de pieds malades observé (par rapport au total de pieds notés) l'année considérée.

TR % : Taux de réduction du nombre de pieds malades (par rapport au nombre observé l'année précédente).

Ceci semble à relier au phénomène de plus grande sensibilité des jeunes ceps, dont nous avons fait état dans le mémoire qui précède (cf. aussi CAUDWELL).

c) La mortalité, négligeable en plein champ chez les ceps francs de pied, est plus importante chez les plants greffés. Ceci apparaît notamment dans la parcelle d'*Ugni blanc* (n° 10) où plus de 10 p. 100 de ceps furent détruits en quatre ans d'observations. Il en fut de même dans une parcelle de *Baco 22 A* greffé sur *3309 C*, sise à Lannepax, et objet d'essais non détaillés ici : les résultats des traitements furent aussi favorables que partout ailleurs, mais là encore, 10 p. 100 environ de ceps observés furent détruits en cinq années (1).

(1) A la vérité le cep ne meurt pas totalement : dans la plupart des cas, on constate l'émission de nombreux rejets du porte-greffe, de même qu'un *Baco 22 A* franc de pied, lorsqu'intervient la mort des parties supérieures, émet de nombreux rejets du pied. La différence réside dans la possibilité de reconstitution du cep dans ce dernier cas, tandis que le plant greffé est alors à considérer comme mort pour la production.

2. Rémanence de l'agent infectieux dans la plante

Les relevés effectués pied par pied, plusieurs années successives, montrent qu'à côté de ceps n'extériorisant plus de symptômes, de nombreux autres apparaissent malades deux années de suite ou davantage. C'est d'ailleurs ceci qui exprime le caractère progressif de la restauration des vignobles traités.

CAUDWELL attribue ces « rechutes » aux réinoculations par le vecteur. L'interprétation de nos observations démontre cependant qu'il ne s'agit pas là d'une cause unique et indispensable, et que souvent au contraire, des ceps affichent des symptômes hors de toute réinoculation.

a) Dans les parcelles 4 et 5 par exemple, nous avons pu noter que la plus large proportion des ceps notés malades en 1962, puis les années suivantes, présentent la caractéristique d'avoir été malades dès 1961 (fig. 2).

b) A Cutxan (Gers) nous avons pu faire les observations suivantes : sur un vignoble comportant 500 *Baco 22 A* francs de pied plantés en 1961. Par suite de l'insuffisance de traitements et de la proximité immédiate d'une parcelle pratiquement à l'abandon, quelques pieds sont atteints dès l'année de plantation et extériorisent la maladie en 1962.

L'état sanitaire tend à s'aggraver jusqu'en 1963, date à laquelle des mesures contrôlées et suivies sont prises, qui provoquent un net redressement l'année suivante.

En 1965, il demeure néanmoins 19 pieds extériorisant des symptômes dont :

5 avaient été malades en 1964			
10	—	—	1964 et 1963
3	—	—	1964, 1963 et 1962
1	—	—	1964 et 1962

c) Observations effectuées à Estang (Gers) dans une parcelle plantée également en 1961, comportant 500 *Baco 22 A* francs de pied : aucun traitement insecticide n'est effectué l'année de la plantation. Le programme et le calendrier de traitement sont par contre scrupuleusement respectés les années suivantes.

En 1962 apparaissent des symptômes sur quatre ceps, se succédant d'ailleurs l'un l'autre, sur le même rang. L'un meurt en 1963. Les trois autres et *eux seuls* sur les 500 ceps de la plantation extérioriseront *chaque année* la FD en 1963, 1964 et 1965 (date à laquelle ils furent, sur notre recommandation, extirpés).

d) Observations effectuées à Mimbaste (Landes), dans une parcelle bien isolée de *Baco 22 A* francs de pieds en bon état végétatif et traitée régulièrement aux insecticides (parathion-méthyl) par son propriétaire, depuis plusieurs années lorsque commencèrent nos notations en 1960.

Le schéma (fig. 3) résume l'évolution de 1960 à 1964 inclus des ceps malades de cette parcelle.

Le pointage pied par pied (sur 466 pieds soit environ le tiers de la parcelle) révèle dans ce cas qu'aucun plant ayant été malade ne récidive après deux années sans symptômes. Cette observation jointe à d'autres du même ordre, nous amène à considérer, et ceci généralement, comme probablement effectivement guéri (sauf nouvelle inoculation) tout plant demeuré deux années consécutives sans extériorisation de

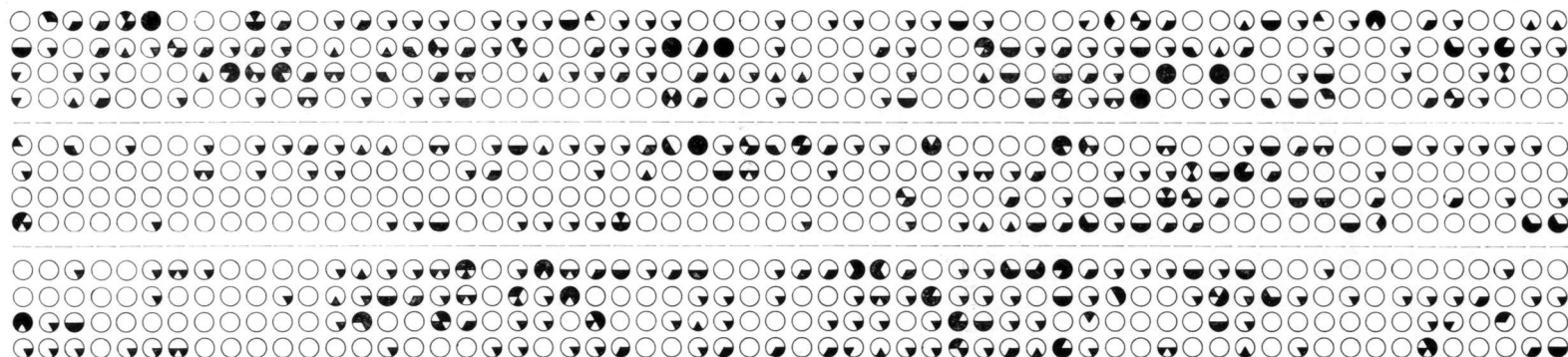


FIG. 2. — Évolution de la maladie de 1959 à 1964 dans une parcelle de Baco 22 A en cours de traitement
(parcelle n° 5)

Chaque cercle figure un cep et sa place dans la plantation. Les cercles sont divisés en 6 secteurs égaux de 60° représentant les six années d'observations figurées successivement dans le sens des aiguilles d'une montre à partir du pôle supérieur du cercle. Le secteur est noirci lorsque le cep considéré a été noté « Malade » l'année correspondante (mode de représentation emprunté à W. GARTEL).

symptômes ⁽¹⁾. Par contre, nous ne pensons pas que l'on puisse considérer comme tels *tous* les plants demeurés sans symptôme une année seulement, et qu'un certain nombre de ceux-ci au moins sont seulement sujets à rémission, par masquage de symptômes

1960	1961	1962	1963	1964
<u>40</u> → 21 → 8 → 6 → 2				
→ 2 → 2 → 1				
→ 9 → 8 → 5				
	<u>38</u> → 23 → 10 → 4			
	→ 1 → 1			
	→ 5 → 3			
		<u>13</u> → 10 → 3		
		→ 1		
			<u>7</u> → 2	
				<u>0</u>
Total : 40	59	53	48	22

FIG. 3. — Schéma résumant les observations sur la persistance de la FD dans une vigne traitée aux insecticides (Mimbaste-Landes)

L'effectif des pieds malades observés chaque année est inscrit dans la colonne correspondante, décomposé en pieds malades « nouveaux » (soulignés d'un trait double) et pieds précédemment malades. Les flèches indiquent la provenance de ces derniers.

(cas notamment de pieds très fortement malades, qui n'émettent l'année suivante que des rejets, souvent grêles et sans symptôme) ceci d'autant qu'après cette « rémission » certains plants peuvent afficher des symptômes jusqu'à trois ou quatre années de suite.

Sur ces bases, on pourrait donc considérer que les 38 pieds notés comme « nouvellement » malades en 1961 comprennent un certain nombre de sujets déjà malades en 1959 (ce qu'il ne nous était naturellement pas possible de vérifier, les observations ayant commencé en 1960).

Mais, même si l'on admettait que ces 38 pieds sont tous des malades *nouveaux* (par rapport à l'année précédente), on observe que, sur les 57 pieds notés malades en 1961 :

21 proviennent des 40 malades de 1960
38 — 426 sains de 1960

En d'autres termes, les pieds malades de 1961 se répartissent à raison d'un peu plus d'un tiers sur les 8,6 p. 100 de l'effectif total malade en 1960 et d'un peu moins de deux tiers sur les 91,4 p. 100 non malades cette année-là.

⁽¹⁾ La chute dans le pourcentage de pieds malades observés après deux campagnes de traitement (trois années d'observation) semble correspondre à ce phénomène.

Selon le même raisonnement en 1962, les malades se répartissent à raison des trois quarts sur 21,3 p. 100 de l'effectif total des pieds précédemment malades en 1960 et 1961 et d'un quart sur les 78,7 p. 100 malades ces années-là.

A l'extrême, en 1964, aucun des 22 pieds notés malades ne provient de pieds antérieurement sains : 20 d'entre eux proviennent des 48 pieds notés malades en 1963, les deux autres, de malades de 1962 ⁽¹⁾.

Ces diverses observations démontrent que la maladie peut se répéter sur un certain nombre de pieds dans une proportion bien plus importante que ne le voudrait le simple hasard.

Or, *S. littoralis* est très sensible aux insecticides utilisés (SCHVESTER, CARLE, MOUTOUS, 1963 a) et nous avons toujours constaté l'anéantissement presque total des populations, en milieu traité : au début de l'été (fin juin), époque des maxima de pullulations, les dénombrements permettent d'évaluer ces populations à 10 000 insectes au moins par hectare dans les parcelles jamais traitées, contre quelque unités, quelques dizaines peut-être au plus par hectare après une campagne de traitement, bien conduite. Ces rares insectes sont eux-mêmes promis à la destruction avant acquisition de pouvoir infectieux, du fait des traitements. La plupart sont probablement issus de quelques œufs qu'ont pu pondre, l'année précédente, en dehors des périodes des de pleine efficacité des traitements, des adultes ailés « réinfestants », d'origine extérieure à la parcelle en cause.

On ne saurait en effet prétendre que les traitements atteignent la perfection : nous avons d'ailleurs souvent insisté sur la difficulté de prémunir complètement une parcelle, avec un nombre raisonnable d'interventions annuelles, contre les réinfestations d'ailés de provenance extérieure. Or, l'insecte adulte est à considérer comme, de beaucoup, le plus efficace dans la transmission de la maladie.

L'apparition de malades nouveaux démontre bien la possibilité du maintien même en milieu traité, d'une certaine activité inoculatrice (et réinoculatrice). Mais compte tenu de la très grande efficacité des traitements sur les populations « autochtones » des parcelles traitées, il apparaît comme hautement probable que cette activité est essentiellement le fait d'ailés réinfestants. Il est difficile de concevoir que ces Insectes et leurs piqures se répartissent autrement qu'au hasard entre ceps précédemment malades et ceps antérieurement sains au prorata de chacune des deux catégories. Si donc l'on admet que les récidives sont uniquement le fait de réinoculations par le vecteur, les rapports :

$$\frac{\text{nombre de pieds rechutant}}{\text{nombre de pieds malades l'année précédente}}$$

d'une part, et

$$\frac{\text{nombre de pieds malades nouveaux}}{\text{nombre de pieds sains l'année précédente}}$$

d'autre part, devraient pouvoir s'ajuster. Nous avons vu que les différences sont trop importantes pour qu'un tel ajustement soit possible.

Un autre facteur intervient donc pour déterminer les récidives, qui ne peut être

⁽¹⁾ Nous possédons une autre série d'observations faites sur 1 000 pieds d'une plantation à Parleboscq, dans des conditions analogues. Nous n'en détaillons pas les résultats, qui en dépit d'une incidence un peu plus importante en « malades nouveaux » en 1963 surtout, sont tout à fait comparables à ceux-ci.

que la rémanence de l'agent infectieux dans la plante, dont la possibilité a été déjà démontrée d'ailleurs par les observations sur les ceps expérimentalement infectés (cf. mémoire précédent).

En fait, en plein champ, se superposent des rechutes par réinoculations à celles ayant pour origine, la rémanence, sans réinoculation, de l'agent infectieux. La proportion des unes et des autres est indéterminable mais la part des premières ne peut que diminuer du fait des traitements et à raison même du degré de perfection de ceux-ci. Or l'expérience démontre que même avec d'excellents résultats contre les populations de vecteurs, le rythme de la restauration des parcelles n'est jamais que progressif, même dans les cas les plus favorables, même à partir de 1961-62 où la tendance de plus en plus marquée à la généralisation des traitements dans les régions infestées ne pouvait que réduire de plus en plus les possibilités de réinfestations d'insectes d'origine extérieure aux parcelles en observation. La rémanence de l'agent infectieux chez le végétal porte une très grande part au moins de la responsabilité de ce phénomène.

Enfin, il semble toujours demeurer un « résidu » difficilement réductible de plants malades, sur lesquels la maladie se répète au moins plusieurs années de suite : la condition des vignobles traités de l'Armagnac se trouverait ainsi ramenée après plusieurs années à celle de certains vignobles de Bourgogne (CAUDWELL et DETIENNE, 1964; CAUDWELL, 1964 *b*) ou de Moselle (GARTEL, 1965) où le taux de plants malades est généralement assez faible, mais avec répétition d'année en année de la maladie sur les mêmes sujets.

Nous nous trouvons donc, quant aux causes des rechutes, en contradiction avec l'interprétation proposée par CAUDWELL.

Pour tenter de rechercher les origines de cette contradiction, rappelons que les fondements de la conclusion de CAUDWELL sur ce point sont essentiellement : (i) les observations sur la guérison de plants issus de boutures prélevées sur ceps malades guérison en effet particulièrement rapide, et (ii) des observations sur le « caractère fortuit des rechutes » en plein champ.

Or, les jeunes plants de bouture ne nous paraissent pas directement assimilables à des ceps de plein champ plus âgés : la mortalité par FD est en particulier exceptionnelle chez ces derniers, celle de boutures prises sur plants malades est très importante (SCHVESTER, 1963) alors que les taux de guérison observés ne peuvent faire entrer en compte que des survivants. Les conclusions ne paraissent donc pas directement transposables. Il nous paraît probable, faisant abstraction des cas de réinoculation que les ceps de bouture d'une part, les ceps de plein champ de l'autre, représentent deux cas extrêmes d'une gamme de réactions possibles : guérison rapide ou mortalité pour les premiers; pas de mortalité mais en revanche guérison plus ou moins différée pour les seconds.

D'autre part, le « caractère fortuit » des rechutes, quelles qu'en soient les causes, apparaît comme tout à fait normal en milieu non traité, où se déplacent et se multiplient librement d'importantes populations du vecteur, dès lors que la maladie est suffisamment généralisée pour que s'estompe la distribution « contagieuse » qui caractérise la période d'invasion. Ce caractère de fortuité des rechutes, observé dans des conditions de généralisation de la maladie, par référence à la distribution de celle-ci en période d'invasion ne semble donc pas un argument suffisant pour imputer toutes ces rechutes à des réinoculations par le vecteur. Aussi bien avons-nous vu, en milieu

traité, que l'incidence des rechutes, jugée par rapport à celle des inoculations nouvelles sur ceps antérieurement sains, ne peut être considérée comme fortuite.

IV. — MÉCANISME DE LA « GUÉRISON »

Les hypothèses que nous sommes amenés à formuler, aboutissent dans ce domaine à une vue sans doute plus simpliste, plus purement « mécaniste » que la théorie émise par CAUDWELL. Nous entendons, en effet, ne pas préjuger de l'intervention ou non dans ce mécanisme, de facteurs propres au végétal (réactions d'ordre immunologique par exemple). Telles quelles cependant, nos hypothèses, rendent compte, croyons-nous, de tous les faits, observés tout en laissant leur place à l'intervention possible de tels facteurs.

L'ensemble repose sur un postulat relatif aux propriétés de diffusion de l'agent infectieux dans la plante. Il en découle des hypothèses sur les conditions de sa rémanence dans le végétal et sur le mécanisme de sa reconstitution.

1. *Propriétés de diffusion de l'agent infectieux*

Il semble nécessaire d'admettre que l'agent infectieux ne se généralise pas, dans tous les cas, à la totalité de l'individu végétal inoculé.

Plusieurs ordres d'observations viennent étayer ce postulat :

— Le caractère souvent localisé (sectorialement ou même dans le plan vertical) de l'expression des symptômes par le plant de vigne.

— Les résultats d'expériences d'inoculations localisées (voir mémoire précédent) le fait aussi que l'on peut obtenir par bouturage de tronçons d'un même sarment, à la fois des plants sains et des plants malades et que la transmission est impossible à partir des premiers.

— Le fait surtout que la transmission de la maladie que ce soit par greffage (CAUDWELL) ou par Insectes (cf. mémoire précédent) n'est possible, ni à partir de plants anciennement malades mais sans symptôme, ni à partir d'organes sans symptômes issus de plants malades.

Il s'agit en somme des caractéristiques de « systémie » ⁽¹⁾ de l'agent infectieux.

Il reste cependant que celui-ci est certainement en mesure de diffuser dans la plante : les sarments extériorisant des symptômes prennent naissance au printemps, après la taille, sans avoir été eux-mêmes inoculés ; ils peuvent cependant constituer une source d'inoculum, démontrant par là qu'ils renferment l'agent infectieux, donc que celui-ci a diffusé vers eux à partir de régions du cep où il préexistait. Il est parfaitement admissible qu'une telle diffusion puisse avoir lieu, que l'agent infectieux soit présent, du fait d'une inoculation (ou réinoculation) de l'année précédente, ou par rémanence, suite d'une inoculation antérieure.

⁽¹⁾ Ces notions de non ou de faible « systémie » de non généralisation de l'agent infectieux à la plante, etc. étaient, il y a encore quelques années difficiles à concevoir, en ce qu'elles étaient en contradiction avec ce qui était généralement admis en matière de maladies à virus. La Flavescence Dorée n'est cependant pas un cas unique, et certaines maladies dites « à virus » d'arbres fruitiers par exemple, présentent des caractéristiques semblables de localisation, de disparition plus ou moins totale de symptômes etc. Les découvertes récentes sur les mycoplasmes (ou analogues) comme agents effectifs de certaines maladies (Phyllodie du Trèfle... etc.) anciennement considérées comme des viroses, éclairent le problème d'un jour nouveau.

2. Conditions de la rémanence de l'agent infectieux

En faisant abstraction ici, des rechutes par réinoculation, le caractère seulement progressif de la restauration des vignobles traités, reflète une variabilité individuelle de la durée de rémanence de l'agent infectieux chez les divers ceps. La question est donc à poser des facteurs de cette variabilité.

On peut admettre, pensons-nous, que, toutes autres conditions égales, ⁽¹⁾ les probabilités pour que l'agent infectieux se maintienne, pour un temps plus ou moins long, dans le végétal, dépendent directement, entre autres facteurs, du degré de généralisation de sa diffusion dans l'organisme de la plante. Or, nous avons vu que la diffusion généralisée semblait bien n'être pas de règle. Il est donc plausible que la durée requise pour l'élimination de l'agent infectieux soit en raison directe de ce degré de généralisation. On peut concevoir même que cette élimination puisse être, dans certains cas, impossible, ou très longue, ce qui expliquerait le maintien d'un certain taux (généralement faible, cf. plus haut) de ceps malades « irréductibles ». Cette variabilité de la diffusion peut dépendre sans doute de facteurs inhérents au végétal (variétaux, culturaux, etc.). Mais il est probable aussi qu'interviennent les condition de l'inoculation.

— La « masse d'inoculum » considérée en elle-même, ou par rapport à la masse végétale, et par conséquent le nombre de piqûres inoculatrices (donc le nombre et la durée de survie des Insectes).

— A masse d'inoculum égale ou à rapport (masse d'inoculum/masse végétale) égal, l'homogénéité plus ou moins grande de la répartition territoriale des piqûres inoculatrices sur le végétal.

— A rapport de masse égal, la constitution de la plante elle-même : constitution anatomique ou conditions physiologiques pouvant plus ou moins favoriser la multiplication (et par là-même les possibilités de diffusion) et (ou) la survie de l'agent infectieux.

Ainsi, la mortalité élevée enregistrée chez les très jeunes ceps, par exemple dans nos expériences de transmission, proviendrait d'une généralisation rapide de l'agent infectieux à l'ensemble de la plante, système racinaire compris. Les ceps plus âgés résisteraient mieux à cette généralisation, en raison d'abord (à masse d'inoculum égale) de leur volume, en raison aussi des chances moindres qu'offre ce volume à une répartition homogène des piqûres. On sait d'ailleurs, pour autant que l'observation des lésions tissulaires en fluoromicroscopie puisse vraiment constituer un indice de la présence de l'agent infectieux, que ce dernier semble progresser beaucoup moins rapidement dans les tissus radiculaires que dans les organes aériens (P. CARLE, G. MOUTOUS). La survie, qui est pratiquement de règle chez les ceps déjà formés francs de pied, même fortement atteints, procéderait de ce phénomène, qui leur laisse des possibilités de se reconstituer. Au contraire, on expliquerait ainsi « la mortalité pratique » observée chez les plants greffés.

Ainsi pourraient également s'expliquer certaines différences dans la cadence de restauration selon les conditions du vignoble : la restauration (à l'échelle de la po-

⁽¹⁾ Ce qui n'est sans doute jamais réalisé car il ne peut exister deux végétaux identiques ni quant à leur constitution, ni quant aux conditions dont ils bénéficient.

pulation de ceps) serait d'autant moins rapide, que plus grande latitude a pu être laissée à l'agent infectieux de se généraliser chez un plus grand nombre de plants : c'est là sans doute le cas des jeunes plantiers, ou encore celui de parcelles où le manque durable d'interventions insecticides laisse les sujets à la merci d'inoculations répétées plusieurs années de suite.

3. Reconstitution du cep

La restauration du vignoble procède de la reconstitution individuelle des différents ceps qui le composent.

Nous préférons d'ailleurs le terme de *reconstitution* à celui de *guérison* lequel peut préjuger et de l'élimination de l'agent infectieux, et de la guérison véritable, fonctionnelle, des tissus lésés. Or, les lésions anciennes restent parfaitement visibles au microscope et même conservent la fluorescence particulière des tissus atteints, ce qui, répétons-le, ne peut être considéré en l'état actuel, comme un indice certain de la présence de l'agent infectieux lui-même.

La notion de reconstitution rend mieux compte du processus tel qu'il peut être observé de l'extérieur. Ce processus découle en effet de l'émission, chaque année de sarments nouveaux, par le cep de vigne, lequel peut être considéré comme « guéri » si, deux années de suite à notre avis (cf. plus haut) aucun de ces organes nouveaux n'extériorise de symptômes. Dans les cas les plus graves, des régions entières parfois importantes du cep, dépérissent et meurent progressivement cependant que l'on observe la tendance à la reconstitution d'un tronc nouveau à partir de sarments issus plus ou moins bas sur le tronc ancien (fig. 4) ou même, dans les cas les plus extrêmes, surgis directement de terre, tout à la base : il est fréquemment observé, dans ce dernier cas, que le rejet issu de terre, édifie son propre système racinaire. On peut considérer ces cas comme liés à une diffusion importante de l'agent vecteur dans le cep.



FIG. 4. — Exemple de reconstitution à partir de la souche d'un cep Baco 22 A franc de pied. On distingue les traces d'amputation du tronc ancien

Ces formations nouvelles parviendraient, plus ou moins rapidement et efficacement selon les cas, à dominer les possibilités de diffusion de l'agent infectieux, les tissus ou régions où se trouve celui-ci se trouvant en quelque sorte « circonscrites » et « isolées ». Il est possible même que s'édifie effectivement une « barrière de défense », mais, de quelque nature qu'elle soit (immunologique, ou peut-être tissulaire, « mécanique » etc.) elle est probablement plus ou moins complète, plus ou moins efficace, selon les individus-ceps. Naturellement, ces formations nouvelles ne sont pas *ipso facto* et entièrement à l'abri de nouvelles inoculations, ni même de diffusions de l'agent infectieux à partir de régions du cep antérieurement atteintes. On peut trouver là une contribution à l'explication du phénomène de pérennité de la maladie chez certains ceps, où la FD semble irréductible, ainsi qu'aux phénomènes de « rémission » observés chez certains ceps qui demeurent sans symptôme toute une saison.

On conçoit que la reconstitution selon ce schéma puisse être aléatoire et de réalisation d'autant plus difficile et longue que la diffusion de l'agent infectieux est plus généralisée dans le cep. La taille, et toutes ses modalités, rabattage, recépage, autant que taille proprement dite, contribuent certainement à éliminer une partie des organes hébergeant l'agent infectieux. Le résultat toutefois ne peut être que hasardeux : il est évidemment possible de reconnaître et d'éliminer les sarments ayant manifesté la maladie, mais il est le plus souvent impossible de distinguer les organes absolument sains de ceux appelés à la manifester ⁽¹⁾.

Ce schéma d'une reconstitution en quelque sorte « périphérique » de la plante, ne rend compte des phénomènes que d'un point de vue extérieur et ne préjuge pas de l'existence ou non d'autres mécanismes plus fondamentaux tels que réactions de défense, auxquels il peut laisser toute leur place. Notons qu'il correspond, pour la vigne à ce qui est décrit par VANDERVEKEN pour le Trèfle blanc atteint de Phyllodie : élimination progressive des parties malades de la plante et apparition de pousses normales d'apparence. Il correspond aussi à ce que l'on peut observer sur le Plantain lanceolé infecté de la Phyllodie qui a pu, un temps, être identifiée à la FD. Là encore on note, non pas une guérison proprement dite des régions extériorisant les symptômes mais leur disparition accompagnée ou suivie du développement de nouveaux bourgeons présentant des symptômes plus atténués, ou pas de symptôme, le processus aboutissant finalement et progressivement à reconstituer une touffe d'aspect entièrement sain.

CONCLUSIONS

L'ensemble de ces travaux laisse apparaître une action certaine de la lutte contre *Scaphoideus littoralis* dans la restauration de vignobles même fortement atteints par la Flavescence Dorée.

⁽¹⁾ Dans la parcelle n° 3 ci-dessus nous avons tenté un essai de taille « raisonnée » en 1961-62 et 63 laissant au propriétaire le soin de tailler un rang sur deux (600 pieds environ) nous avons procédé nous-même sur les rangs restants, à cette opération en tâchant d'appliquer certaines pratiques telles que : élimination — naturellement — de sarments malades, avec rabattage assez bas sous les parties malades, élimination de sarments apparemment sains, mais ovalisés, de sarments à calibre exagéré, tous signes pouvant accuser un désordre interne des tissus. En fait, la cadence de restauration n'a marqué aucune différence significative entre les rangs taillés par nous-même et les autres.

Rappelons cependant que les résultats ne sont aussi favorables que grâce à la conjonction d'un certain nombre de facteurs :

— destruction relativement très aisée de l'espèce vectrice, du fait de sa spécificité pour l'hôte et de son cycle évolutif à une seule génération annuelle ;

— les possibilités de rétablissement, initialement inespérées, que présentent les ceps de vigne atteints.

La restauration n'est toutefois que progressive. Compte-tenu des résultats obtenus dans la destruction des vecteurs, elle est beaucoup moins rapide que ce que l'on pourrait attendre si la cause essentielle des rechutes était effectivement une réinoculation par le vecteur. Nous pensons avoir démontré que la part des possibilités de rémanence de l'agent infectieux chez le végétal dans ces rechutes est peut-être largement supérieure à celle que CAUDWELL leur accorde.

De plus, la maladie semble irréductible et installée de façon sinon permanente, du moins très durable chez un certain pourcentage de ceps, fait déjà noté dans certaines zones où la Flavescence Dorée ne sévit pas à l'état épidémique et d'où *S. littoralis* est encore absent. Le fait est important sur le plan pratique, car de tels ceps peuvent constituer des sources pour de nouvelles inoculations. Des sondages effectués en octobre 1969 dans les parcelles n° 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10 ci-dessus laissent apparaître encore 3 à 7 pour 100 de pieds malades (peu intensément d'ailleurs pour la plupart). Les observations ayant subi des interruptions, nous ne pouvons affirmer que la maladie soit installée de façon permanente chez tous ces plants. Il est même probable que certains d'entre eux ont été inoculés ou réinoculés relativement récemment. Nous pensons cependant que, s'il était procédé à l'extirpation des malades « résiduels » après qu'un repérage sur plusieurs années les ait désignés pour tels, les résultats de la lutte contre le vecteur seraient encore améliorés. C'est en tout cas ce qui avait été fait dès 1965 dans les parcelles 4 et 5, où aucun pied malade n'a pu être décelé en 1969. Cette remarque ne s'applique qu'aux régions où existe *S. littoralis* et non aux zones (Bourgogne, Franche-Comté, vignoble allemand) où les conditions de la transmission demeurent encore énigmatiques.

Les hypothèses que nous émettons sur le mécanisme de la reconstitution de ceps atteints ne considèrent le phénomène que d'un point de vue « externe » et tiennent compte, pensons-nous, de tous les faits observés, notamment des possibilités de rémanence de l'agent infectieux ⁽¹⁾.

Reçu pour publication en juin 1969.

REMERCIEMENTS

La rédaction des deux mémoires qui précèdent clôt une série de travaux d'ordre entomologiques sur le sujet.

Ces travaux n'auraient pu être réalisés sans de nombreuses collaborations, sans de nombreux appuis, parmi lesquels il faut citer :

— Le Conseil général du Gers.

— Le Conseil général des Landes.

⁽¹⁾ La rédaction du présent mémoire était achevée lorsque nous avons eu connaissance d'un progrès tout récent : J. GIANOTTI vient en effet de déterminer dans les tissus de vigne atteints de FD la présence de particules de nature mycoplasmaïque (GIANOTTI J., *et al* : Isolement et purification de Microorganismes, de type Mycoplasme à partir de vignes atteintes de Flavescence Dorée C. R. Acad. Sci. Paris, 1969. 268 845-847.)

- Le Bureau national interprofessionnel de l'Armagnac, son Conseil d'Administration et ses directeurs successifs : MM. DIRIS, MASSENAT, LEDUN.
- L'Union des Caves coopératives de l'Armagnac.
- M. ANDRIBET, anciennement Directeur des Services agricoles du Gers et M. DUBOSC, Ingénieur d'Agronomie à la D.D.A. du Gers.
- M. RENAUD, Ancien Directeur des Services agricoles des Landes.
- Les Conseillers agricoles qui participent à la mise en place et au contrôle de nombreuses expériences : MM. SAINT AVIT, SAINT AUBIN, LAMOTHE, SOLIGNAC, BILAN.
- Nos collègues du Centre de Recherches de Bordeaux.
- Nos collaborateurs techniques successifs ou simultanés : P. MAISON, J. C. VIBLE, A. FOS, J. J. FOING.

Enfin, de très nombreux agriculteurs du Gers et des Landes qui ont mis leurs parcelles et leur temps à notre disposition, que l'on nous permettra de remercier ici globalement en la personne de M. LABEYRIE, qui fut l'un des animateurs les plus actifs du Foyer de Progrès agricole de Salles d'Armagnac.

SUMMARY

INSECTICIDE TREATMENTS AND RECOVERY OF « FLAVESCENCE DOREE » DISEASED VINEYARDS

This paper presents a synthesis of the results obtained on *Flavescence Dorée* diseased vineyards (*Baco 22 A* mainly) by insecticide treatments against the vector : *Scaphoideus littoralis* BALL., in the South-West of France (Armagnac and Chalosse countries), from 1957 to 1966.

A brief history is given of the evolution of the experimental conditions : At first some hat empirical, the experiments resulted progressively in a formal spray-programm, according to the progress in the knowledge of the life cycle of the vector and of the details of the mode of transmission.

D D T, Parathion (ethyl- or methyl) both leading to a very effective control of *S. littoralis* (SCHVESTER, CARLE, MOUTOUS 1963 *b*) were used. But no precise information was available by comparative experiments between untreated and treated plots, because they are generally too small to completely prevent interactions resulting from the flight of adult infectious vector insects, from one to another.

That it was necessary to generalize the treatments to large plots, and also to multiply the number of experiments : Those reported in the paper are a selection of a few cases, which give an idea of the diversity, either of the experimental conditions, or of the characteristics of the vineyards involved.

The treatments should be repeated over several years.

The control of results consists in an examination, occurring every year, in autumn, of a part, or of the totality, of every treated vineyard. The vinestocks are noted, one by one, from 0 to 5, according to the intensity of symptoms. This notation gives information on the individual evolution of the disease on every stock. However, in the paper, every year, the results are expressed in percentages in relation to total number, of diseased stocks.

The destroying of vector Insects has also a curative effect on the diseased vineyards. This results from the recovering property of F D-diseased vinestocks if they are not reinoculated. Thus, in all cases, the decrease of the disease-impact has been observed. This decrease becomes important after several years of controls measures, but is only progressive. It is noticed that, probably some infectious vector-Insects (mainly winged adults arising from neighbouring untreated fields) can escape from the treatments, but also that the infectious-agent can remain inside the Vinestocks for several years without any reinoculation.

The speed of the decrease of the disease impact seems to be related to certain conditions : Recovery seems to be slower on very young stocks than on older ones, or when the first control measures have been delayed for a long time, after the first infections. There was practically no mortality on the field, of ungrafted stocks, whereas it reached about 10 p. 100 within 5 years, on the grafted ones, in the two cases observed.

Observations on the behaviour of diseased stocks suggest some hypothesis on the mode and the « mechanisms » of the recovery. The infectious-agent does not seem to be generalized in all cases, in the whole plant system. The degree of diffusion of the agent in the plant system might be related to the amount of inoculum injected, then, to the number of insects in relation to the size of the plant itself, also to the duration of infection. Thus the speed of the recovery might vary according to the degree of diffusion. A small number of stocks does not seem to be able to recover.

The mechanism probably does not consist in a true recovery of diseased parts, or tissues of the plant, but more possibly, in a so-called «reconstitution» starting from healthy parts or tissues while the diseased parts decay and die progressively. This does not exclude other «internal» processes.

ZUSAMMENFASSUNG

INSEKTIZIDE BEHANDLUNGEN UND GENESUNG DER « FLAVESCENCE DOREE » BEFALLENE REBEN

Diese Mitteilung synthetisiert die Ergebnisse insektizider Behandlungen gegen Vektorinsekten (*Scaphoideus littoralis* BALL.) auf *Flavescence Dorée* — befallene Weinberge, im Südwestern Frankreichs (Armagnac und Chalosse) von 1957 bis 1966.

Die Fortentwicklung der experimentelle Bedingungen ist kurz beschrieben: am Anfang etwas empirisch, ergaben die Erfahrungen, progressiv, mit Fortschritte der Kenntnis des Vektors Lebenszyklus und der Präzisionen über der Krankheitübertragungsweise beziehend, ein bestimmtes Spritzungsprogramm.

D D T und Parathion (Aethyl — oder Methyl —), beide sehr befriedigende Ergebnisse gegen *S. littoralis* herbeiführend (SCHVESTER CARLE, MOUTOUS 1963), würden benützt. Jedoch, war es nicht möglich, durch vergleichende Proben zwischen behandelte und unbehandelte Parzellen, genaue Erkundigungen zu erhalten. Denn sind allgemeines solche Parzellen zu wenig ausgedehnt, so dass wechselseitige Zwischenwirkungen, infolge der Wanderung geflügelter infektiöser erwachsener Vektorinsekten, nicht gänzlich aufgehoben sind. So war es notwendig breite Parzellen sämtlich zu behandeln, und also die Anzahl der Proben zu vermehren. Diejenige die in dieser Mitteilung beschrieben sind, bilden eine Auswahl einiger Fälle, die die Verschiedenheit des experimentelle Bedingungen und auch der Kennzeichen der behandelte Weinberge erzeugen.

Die Spritzungen würden immer mehrere Jahre nacheinander wiederholt.

Die Ergebnisskontrolle besteht in einem jährigen (im Herbst) teiligen oder gänzlichen Augenschein jedes behandeltes Weinbergs. Jeder Rebstock bekommt eine mit Symptomenstärke beziehende Note (von 0 bis 5). Diese Notierung ergibt Erkundigungen auf die individuelle Fortentwicklung der Krankheit auf jedem Rebstock. Trotzdem in der Mitteilung sind die Ergebnisse in jährigen Prozentsatz kranker Stöcke ausgedrückt.

Die Vernichtung der Vektorinsekten hat auf F D-befallene Weinberge, eine heilende Wirkung. Dies erfolgt aus eine Genesungseigenschaft der F D-befallene Stöcke, die können so sich erholen, wenn, sie von Wiederinokulierungen frei bleiben. So war, in alle Fälle, eine Verminderung des Krankheitseinfalls beobachtet, die, nachdem die Spritzungen mehrere Jahre wiederholt worden sind, sehr bedeutend wird, aber die nur immer stufenweise erscheint. Möglich können einige infektiöse Vektoren (hauptsächlich Erwachsene, aus unbehandelte nachbarliche Weinberge geflogen kommend) von den Behandlungen entgehen, aber auch kann der infektiöse Wirkungsagent innerhalb des Stockes, während mehrere Jahre, ohne andere Wiederinokulierung, bestehen.

Die Schnelligkeit der Krankheitseinfalls Verminderung scheint mit einige Bedingungen der Weinberge bezogen zu sein. Bei sehr junge Stöcke, oder auch wenn die ersten Bekämpfungsmassnahmen lange nach den ersten Krankheitsbefälle aufgeschoben worden sind, scheint die Erholung langsamer anzukommen. Bei ungepfropfte Reben gibt es im Felde, praktisch keine Sterblichkeit statt sie bei gepropften Stöcke in den zwei beobachtete Fälle, ungefähr, 10 p. 100 in 5 Jahre erreichte.

Verhaltensbeobachtungen der Kranken Stöcke können über Erholungsweise und « Erholungsmechanismus » einige Voraussetzungen ergeben. Der infektiöse Wirkungsagent scheint im Innern des ganzes Pflanzensystems nicht in alle Fälle verbreitet zu sein. Der Ausbreitungsgrad des Agentes im Pflanzensystem könnte vielleicht mit der eingepfropfte Inoculumsmenge, also mit Insektenanzahl (mit Pflanzenwuchs beziehend) und auch mit Infektionsdauer verbunden sein. So könnte sich die Erholungsgeschwindigkeit, mit dem Ausbreitungsgrad des infektiöses Agentes beziehend ändern. Eine Kleine Anzahl Stöcke scheint zur Erholung niemals zu kommen.

Der Erholungsmechanismus besteht wahrscheinlich nicht in einer echte, richtige, Heilung der befallene Teile oder Gewebe der Pflanze, sondern, möglicher, in einer sogenannte « Wiederherstellung » die, während die befallene Pflanzteile progressiv dahin siechen und sterben, von schadlose Teile oder schadlose Gewebe entsteht. Dies ist nicht von andere « innere » verfahren ausschliessend.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ⁽¹⁾

- BONFILS J., SCHVESTER D., 1960. Les Cicadelles (*Homoptera Auchenorrhyncha*) dans leurs rapport avec la vigne dans le Sud-Ouest de la France. *Ann. Épiphyties*, **11** (3), 325-336.
- BONNEMAISON L., 1958. Les vecteurs des maladies à virus des plantes. Modes de transmission et propagation des virus. Méthodes générales de lutte. *Bull. tech. Inform. Ing. Serv. Agric.*, n° 131, 395, 398; n° 133, 519, 530.
- CARLE P., MOUTOUS G., 1965. Observations sur le mode de nutrition sur vigne de quatre espèces de Cicadelles. *Ann. Épiphyties*, **16** (4), 333-354.
- CARLE P., 1965 a. Fluoroscopie des symptômes histologiques de la Flavescence Dorée de la vigne. Application à la détection rapide des lésions précoces sur cépage sensible (*Baco 22 A*). *Ann. Épiphyties*, **16** (n° hors-série « Études de virologie ») 73-85.
- CARLE P., 1965 b. Quelques précisions sur les modalités de lutte chimique contre l'agent vecteur de la Flavescence Dorée. *Rev. Zool. agric. appl.*, **64** (10-12), 100-105.
- CARLE P., MOUTOUS G., 1967. Recherches sur d'éventuels vecteurs de la Flavescence Dorée. *Ann. Épiphyties*, **18** (n° hors-série « Études de virologie »), 151-156.
- CAUDWELL A., 1957. Deux années d'études sur la Flavescence Dorée, nouvelle maladie grave de la vigne. *Ann. Amélior. Pl.*, **12**, 4, p. 359-393.
- CAUDWELL A., 1961. Cause des rechutes de Flavescence Dorée de la vigne. *Ét. Virol. appl.*, n° 2, mars 33-34.
- CAUDWELL A., 1961. État actuel des recherches sur le virus de la Flavescence Dorée de la vigne. *Rev. Zool. agric. appl.*, 81-88.
- CAUDWELL A., 1961. Étude sur la maladie du bois noir de la vigne : ses rapports avec la Flavescence Dorée. *Ann. Épiphyties*, **12**, 3, 241-262.
- CAUDWELL A., 1961. Les phénomènes de rétablissement chez la Flavescence Dorée de la vigne. *Ann. Épiphyties*, **12**, 3, 347-354.
- CAUDWELL A., BACHELIER J. C., 1963. Premiers résultats de transmission de la Flavescence Dorée à des plantes test herbacées. *C. R. Acad. Agric. Fr.* 144-148.
- CAUDWELL A., 1964 a. Le rétablissement et la localisation des symptômes chez la Flavescence Dorée. *Ét. Virol. appl.*, 5, 1-4 et *Phytiatr., Phytopharm.*, **13**, 133-136.
- CAUDWELL A., 1964 b. Identification et étude d'une nouvelle maladie à virus de la vigne, la Flavescence Dorée. Contribution à l'étude des phénomènes de rétablissement et de localisation des symptômes chez les plantes virosées. *Ann. Épiphyties*, **15**, n° hors-série 1, 9 juin 1964.
- CAUDWELL A., DETIENNE G., 1964. Bois noir et Flavescence Dorée. *Ét. Virol. appl.*, 5, 5-6. et *Phytiatr., Phytopharm.*, **13**, 131-132.
- CAUDWELL A., DETIENNE G., BACHELIER J. C., 1964. Die zwei Verhaltensweisen der Flavescence Dorée. *Weinberg u. Keller*, **11**, p. 575-580.
- CAUDWELL A., 1965. La Flavescence Dorée, la biologie de la Flavescence Dorée et les fondements des mesures préventives. *Bull. Technol. inform.*, 198, p. 377.
- CAUDWELL A., 1968. Der heutige Stand der Flavescence Dorée-Forschung. *Vitis*, **7**, 141-150.
- COUSIN M. T. et al. 1968. Présence de particules de type Mycoplasme dans le phloème de plantes infectées par trois maladies du type *jaunisse européenne* : le *Stolbur* de la Tomate, l'*Aster yellow* du Glaïeul, la *Phyllodie* du Trèfle. Étude cytologique et ultrastructurale. Premiers essais de lutte chimique. *1th. Congr. Plant Pathol. London*.
- DOL Y. et al. 1967. Mycoplasma or PLT Group-like microorganisms found in the phloem of plants infected with Mulberry dwarf, Potato's Witches broom, Aster Yellows or Paulownia Witches broom. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan*, **33**, 259-266.
- GÄRTEL W., 1959. Die Flavescence Dorée oder *Maladie du Baco 22 A*. *Weinberg und Keller*, **6**, 295-311.
- GÄRTEL W., 1965. Untersuchungen über das Auftreten und das Verhalten der Flavescence Dorée in den Weinbaugebieten an Mosel und Rhein. *Weinberg und Keller*, **12**, 347-376.
- GIANOTTI J., DEVAUCHELLE G., VAGO C., 1963. Microorganismes de type mycoplasme chez une Cicadelle et une plante infectées par la Phyllodie. *C. R. Acad. Sci.*, **266**, ser. D. 2 168-2 170.
- GIANOTTI J., MORVAN G., VAGO C., 1968. Microorganismes de type mycoplasme dans les cellules libériennes de *Malus sylvestris* L. atteint de la Maladie des proliférations. *C. R. Acad. Sci.*, **267**, ser. D. 76-77.
- MAILLET P., GOURRET J. P., HAMON C., 1968. Sur la présence de particules de type mycoplasme dans le liber de plantes atteintes de maladies du type *jaunisse (Aster Yellow, Phyllodie du Trèfle, Stolbur de la Tomate et sur la parenté ultrastructurale de ces particules avec celles trouvées chez divers insectes homoptères*. *C. R. Acad. Sci.*, **266**, série D, 2 309-2 311.

⁽¹⁾ Bibliographie commune aux deux mémoires.

- MARAMOROSCH K., SHIKATA E., GRANADOS R. R., 1968. Mycoplasma-like bodies in leaf-hoppers and diseased plants. *Phytopathology*, **58**, 7, 886.
- MUSIL H., 1964. (Propagation des virus de la jaunisse dans les plantes de *Trifolium repens* L.) *Biologia*, **19** (3), 155-158.
- PLOAIE P., 1968. Mycoplasma or PLT group-like organism in *Vinca rosea* infected with aster yellows disease. *Meded. Rijksfac. Landbouwwetensch. Gent*, **33**, 1223-1231.
- SCHVESTER D., 1962 a. Sur les causes de la propagation en Armagnac et en Chalosse de la Flavescence Dorée de la vigne. *Rev. Zool. agr. appl.*, **61** (10-12), 132-135.
- SCHVESTER D., 1962. Perspectives de lutte contre la Flavescence Dorée par destruction de son vecteur *Scaphoideus littoralis*. *Rev. Zool. agric. appl.*, **61** (10-12), 135-144.
- SCHVESTER D., BONFILS J., MOUTOUS G., CARLE P., 1962. Étude biologique des Cicadelles de la vigne dans le Sud-Ouest de la France. *Ann. Épiphyties*, **13** (3), 205-237.
- SCHVESTER D., CARLE P., MOUTOUS G., 1962 a. Sur la transmission de la Flavescence Dorée des vignes par une Cicadelle. *C. R. Acad. Agric.*, **47** (10), 1 021-1 024.
- SCHVESTER D., CARLE P., MOUTOUS G., 1962 b. *Scaphoideus littoralis* BALL. Cicadelle vectrice de la Flavescence Dorée de la vigne. *Rev. Zool. agric. appl.*, **61** (10-12), 118-131.
- SCHVESTER D., 1963. Genèse des symptômes et caractères de propagation de la Flavescence Dorée. *Ann. Épiphyties*, **14** (3), 167-174.
- SCHVESTER D., CARLE P., MOUTOUS G., 1963 a. Transmission de la Flavescence Dorée de la vigne par *Scaphoideus littoralis* BALL. Expériences de 1961. *Ann. Épiphyties*, **14** (3), 175-198.
- SCHVESTER D., CARLE P., MOUTOUS G., 1963 b. Tests Insecticides de plein champ contre *Scaphoideus littoralis* Cicadelle vectrice de la Flavescence Dorée. *Phytiatr. Phytopharm.*, **12** (1), 51-56.
- SCHVESTER D., CARLE P., MOUTOUS G., 1963 c. Sur la transmission de la Flavescence Dorée de la vigne par *Scaphoideus littoralis*. *C. R. Acad. Agric.*, **49** (1), 139-144.
- SCHVESTER D., 1964. Die Zikaden und die Flavescence Dorée der Reben im Südwesten Frankreichs. *Weinb u. Keller*, **11** (7), 371-382.
- SCHVESTER D., CARLE P., 1964. Nouvelle mise au point sur la lutte contre *Scaphoideus littoralis*, Cicadelle vectrice de la Flavescence Dorée de la vigne. *Rev. Zool. agric. appl.*, **63** (4-6), 3-10 et *Vignes et Vins*, **135**, 7-12.
- SCHVESTER D., 1965. The bionomics of specific vectors of plant viruses. Phloem feeding insect vectors, with special reference to *Scaphoideus littoralis* BALL. vector of the Flavescence Dorée. *Proc. international. Long. on virus and vectors on perennial hosts*. Univ. of Calif. Davis 107-116.
- SCHVESTER D., CARLE P., MOUTOUS G., 1967. Essais de sensibilité de cépages à la Flavescence Dorée par inoculation avec *Scaphoideus littoralis* BALL. *Ann. Épiphyties*, **18** (n° hors-série « Études de virologie »), 143-150.
- VANDERVEKEN J., 1966. Étude de cas de guérison observés chez des Trèfles blancs infectés par le virus de la Phyllodie du Trèfle. *Med. Rijksfac. Landbouwwetensch. Gent*, **31** (3), 981-985.

A NEW SPECIES OF THE GENUS
PELTAMIGRATUS SHER., 1963
(*NEMATODA* : *HOPLOLAIMINAE*)
FROM TRINIDAD, WEST INDIES

SHAHID HASAN KHAN and ZAKIUDDIN

Department of Zoology, Aligarh Muslim University, Aligarh (India)

Department of Botany, Saifee G. J. Q. Mens' College of Science, Burhanpur (M.P.) (India)

SUMMARY

Peltamigratus browni n. sp. is described and illustrated. Specimens representing this species were collected from soil around roots of *Ananas sativus* in Trinidad, West Indies. It is characterized by having relatively anterior dorsal oesophageal gland opening and posteriorly located excretory pore in both sexes. Females have distinctly annulated tail with annulation passing round the tip.

INTRODUCTION

One new species of the genus *Peltamigratus*, namely *P. browni*, is described below. Both male and female specimens of this species were collected from soil around roots of pineapple (*Ananas sativus*) in Trinidad.

PELTAMIGRATUS BROWNI N. SP. ⁽¹⁾

Measurements

Females (6) :

Length = 0.65-0.84 mm ; *a* = 27-34.7 ; *b* = 6.6-8 ; *b'* = 5-6.7 ; *c* = 59.6-84.5 ; *V* = 57-67.
Spear = 27-30 μ ; *O* = 10-17 ; anterior phasmid = 85-88 ; posterior phasmid = 86-91.

(¹) Named after Mr. K. F. Brown, Shell International Chemical Co., London.

Males (5) :

Length = 0.5-0.83 mm ; $a = 31-48$; $b = 6.9-7.9$; $b' = 6.2-6.4$; $c = 33-48.9$; Spear = 26-28 μ ; O = 8-12 ; anterior phasmid = 83-86 ; posterior phasmid = 85-87.

Female (Holotype) :

Length = 0.80 mm ; $a = 34.7$; $b = 7.2$; $b' = 6.1$; $c = 72.7$; V = 57 ; Spear = 29 μ ; O = 13 ; anterior phasmid = 85 ; posterior phasmid = 86.

Male (Allotype) :

Length = 0.74 mm ; $a = 38$; $b = 7.9$; $b' = 6.4$; $c = 41.1$; Spear = 26 μ ; O = 11.5 ; anterior phasmid = 85 ; posterior phasmid = 87.

Description

Female (Holotype) : Body curved ventrally. Lip region not set off, with fine transverse striation. Spear massively built, with metenchium shorter than telenchium. Spear knobs rounded with anterior surfaces slightly cupped. Excretory pore at the level of oesophago-intestinal junction (opposite anterior portion of oesophageal glands in some paratypes). Hemizonid distinct, 3 annules behind excretory pore. Oesophagus typical of the genus ; oesophageal glands with three distinct nuclei, compact, forming a short lobe on the dorsal side of the intestine. Intestine packed with food granules, slightly overlapping rectum. Rectum slightly dorsally curved. Anus distinct, at 10 th annule from tail tip (at 7th-10th annules in paratypes).

Ovaries paired, outstretched. Spermathecae distincts. Epitygma small, single. Phasmids at 85 and 86 from anterior end. Lateral field with four incisures, outer incisures fade away in the region of tail. Tail rounded with distal annules wider than other tail annules. Annulation passing round the tail.

Male (Allotype) : Body slightly ventrally curved. Lip region not set off, with fine transverse striation. Spear massive with metenchium shorter than telenchium. Spear knobs rounded, with distinct anterior processes. Excretory pore at the level of oesophago-intestinal junction. Hemizonid 4 annules behind excretory pore. Lateral field with four incisures. Spicules and gubernaculum measuring 30 μ and 12 μ respectively. Phasmids at 85 and 87 from anterior end.

Holotype

Female collected by Mr. K. F. BROWN (made available to one of us (S. H. K.) by Dr. M. RAFIQ SIDDIQI), deposited with the Zoology Museum, Aligarh Muslim University, Aligarh, U. P., India

Allotype

Male ; other data same as for holotype.

Paratypes

6 females and 5 males ; other data same as for holotype. 1 female and 1 male with Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen. The Netherlands.

Type habitat and locality

Collected from soil around roots of *Ananas sativus* in Trinidad, West Indies.

Diagnosis and relationship

Peltamigratus browni n. sp. comes closest to *P. holdemani* SHER, 1963, and *P. pachyurus* LOOF, 1964. From the former it differs in having relatively smaller spear, anteriorly located dorsal oesophageal gland opening and posteriorly located excretory pore in both sexes (*P. holdemani* :

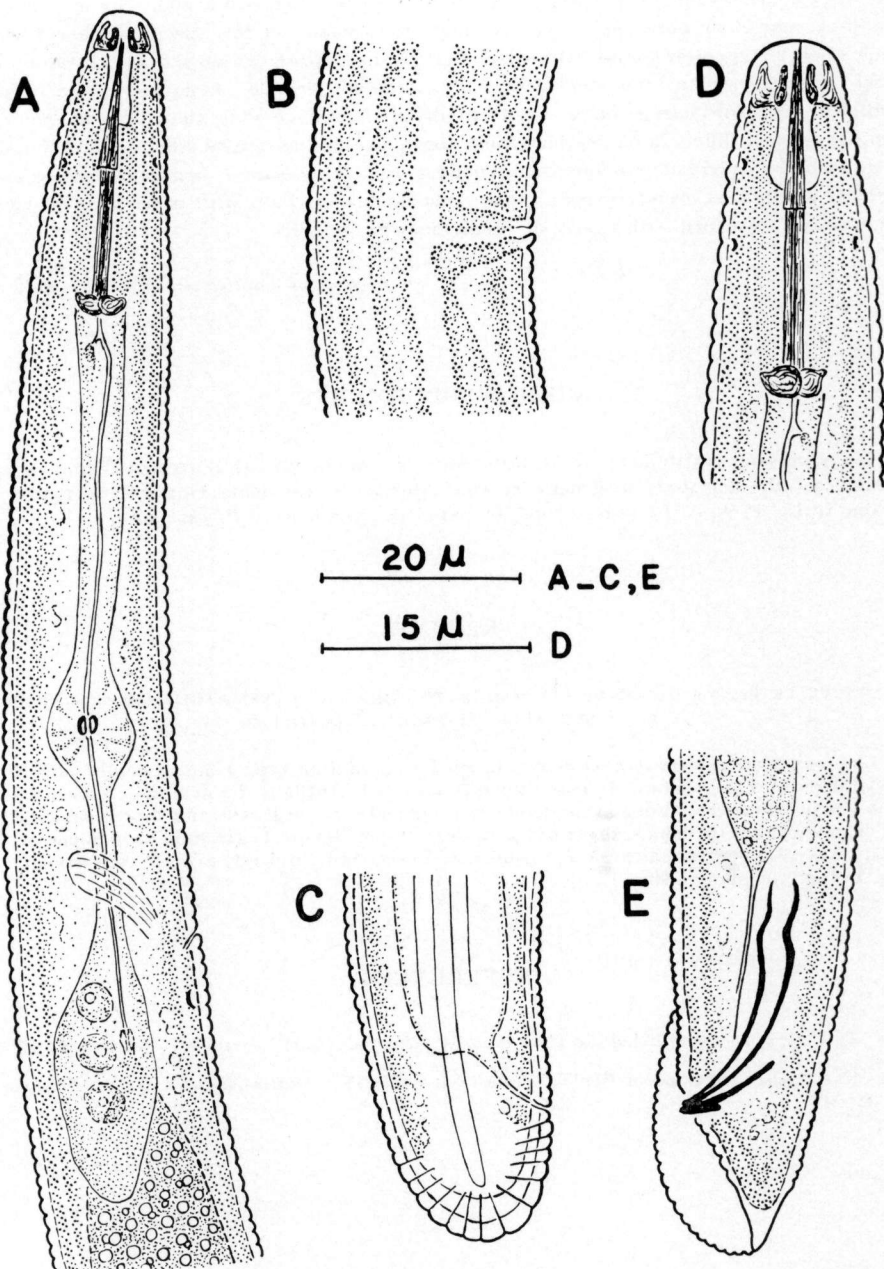


FIG. 1, A-E. — *Peltamigratus browni* n. sp.

- A. Female, oesophageal region
- B. Vulvar region
- C. Female, tail end
- D. Male, anterior end
- E. Male, tail end.

female : Spear = 29-32 μ ; O = 16-24 ; excretory pore opposite nerve ring ; male : Spear = 28-31 μ O = 16-23 ; excretory pore opposite nerve ring). The females of this species further differ in having smaller body size, lateral field with outer two incisures faded on tail and distal annules on tail being wider than other tail annules (*P. holdemani* : female : Length = 0.81-1.10 mm ; lateral field with four incisures on tail ; tail with distal annules not wider than other tail annules). From the latter it differs in having hemizonid located behind excretory pore, single epiptygma and differently shaped tail with annulation round its tip. (*P. pachyurus* : hemizonid located about 2 annules anterior to excretory pore ; epiptygma double ; tail tip with outer layer of cuticle conspicuously thickened with nearly or wholly smooth surface.)

Reçu pour publication en juillet 1969

ACKNOWLEDGEMENTS

We express our gratitude to Dr. M. Rafiq SIDDIQI, Commonwealth Bureau of Helminthology, England, for the nematode specimens on which this study was made. Our grateful thanks are also due to Dr. P. A. A. Loof for supplying paratype specimens of *P. pachyurus*.

RÉSUMÉ

UNE NOUVELLE ESPÈCE DU GENRE *PELTAMIGRATUS* SHER, 1963 (NEMATODA : HOPLOLAIMINAE)
EN PROVENANCE DE TRINIDAD (ANTILLES,)

L'auteur décrit *Peltamigratus browni* n. sp. La population type a été recueillie dans du sol prélevé dans la rhizosphère d'*Ananas sativus* à Trinidad (Antilles). Ce nématode est caractérisé par la position avancée du débouché de la grande dorsale, par la localisation assez postérieure du pore excréteur chez les deux sexes et par sa taille. Les femelles ont l'extrémité de la queue distinctement annelée, contrairement à *P. pachyurus* Loof, 1964, qui est, avec *P. holdemani* SHER, 1963, l'espèce la plus voisine.

REFERENCES

- LOOF P. A. A., 1964. Free-living and Plant-parasitic Nematodes from Venezuela. *Nematologica*, **10**, 201-300.
SHER S. A., 1964. Revision of Hoplolaiminae (Nematoda) IV : *Peltamigratus* n. gen. *Nematologica*, **9**, 455-467.

ANNALES DE ZOOLOGIE-ECOLOGIE ANIMALE

VOL. 1 N°. 4 1969

Nom de l'emprunteur

Emprunté le

remis le

MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE

**ÉVOLUTION DES TECHNIQUES EMPLOYÉES
POUR L'ÉTUDE DES MOUVEMENTS DE POPULATIONS
D'OISEAUX ET DE MAMMIFÈRES**

Ph. GRAMET

*Laboratoire des Petits Vertébrés,
Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas
Institut national de la Recherche agronomique*

INTRODUCTION

De tous temps, les mouvements des animaux ont été observés et mis à profit, mais les buts poursuivis ont évolué : l'intérêt vital présenté initialement par les observations, en vue d'améliorer les méthodes de chasse et de piégeage primitives, a fait progressivement place à un besoin de connaissance de l'ensemble des facteurs qui régissent le phénomène.

Bien souvent, l'intérêt des chercheurs a porté sur les déplacements d'un individu appartenant à une espèce donnée. Le développement récent des recherches écologiques a mis en évidence que cette conception n'autorisait pas une extrapolation rigoureuse des résultats obtenus. Il importe, pour ce faire, de s'intéresser aux phénomènes non plus au niveau de l'individu mais au niveau de la population à laquelle il appartient. Certes, les mouvements individuels demeurent à la base des recherches en ce domaine, mais l'évolution qui s'est manifestée porte sur l'importance qu'il convient d'attribuer aux renseignements recueillis. Ils devront être considérés comme un reflet des déplacements susceptibles de se produire chez tous les autres membres de la population. Le terme de population est pris au sens que lui attribuait MILNE (1959) : « collection d'individus située en un lieu déterminé », ce qui, comme le souligne RICHARD (1967) « ne préjuge en rien des rapports interindividuels ; ces animaux peuvent, en effet, aussi bien être solitaires que sociaux ».

Cette nouvelle orientation des recherches repose sur la connaissance actuelle des populations animales. Dans la majorité des cas, une population vit essentiellement renfermée sur elle-même et doit être assimilée à une unité biologique bien déterminée. L'analyse précise des phénomènes révèle que, chez certaines espèces, cet isolement n'est pas total : des mouvements individuels d'émigration ou d'immigration peuvent se produire. Il est nécessaire de connaître leur existence bien qu'en général leur incidence sur la dynamique de la population ne soit que secondaire.

La condition préalable à toute étude sera la faculté que le chercheur aura d'obtenir un échantillon représentatif de la population. Ensuite, il sera nécessaire de pouvoir contrôler de façon rigoureuse la population au cours de ses déplacements. Les techniques d'études appropriées devront être choisies en fonction de la nature de ces derniers, qui se définissent aisément par opposition aux mouvements individuels des unités composant la population.

Les mouvements individuels sont, pour la plupart, liés au rythme quotidien d'activité de l'animal. Ils se traduisent pratiquement par des variations régulières de la densité des individus dans le cadre du domaine exploité en commun (rassemblement aux points d'eau, regroupements vespéraux et nocturnes, etc.).

Les mouvements de population sont, par contre, selon la définition donnée par RICHARD (1967) « des déplacements collectifs au cours desquels la distance moyenne et la densité des individus ne varient pas tandis que le centre de gravité de la population se déplace vis-à-vis des repères fixes du milieu extérieur ». Parmi les mouvements répondant à ces critères, nous distinguerons : *Les migrations* qui sont des phénomènes cycliques et orientés. Elles comprennent en général une spécialisation dans les lieux extrêmes, l'un étant le plus souvent le territoire de reproduction l'autre le territoire d'hivernage (Oiseaux et certains Mammifères).

L'émigration, phénomène qui a été décrit chez certaines espèces. Il s'agirait d'un mouvement orienté, effectué sur de grandes distances par un nombre important d'individus. Il ne serait pas suivi de retour à la zone de départ.

Les déplacements saisonniers qui sont déclenchés essentiellement par l'action de facteurs climatiques : déplacements des grands herbivores vers de nouvelles pâtures sous l'influence de la sécheresse, regroupement des rongeurs dans les zones exondées lors de la fonte des neiges, etc.

Nous remarquerons avec RICHARD (1967) « que si la plupart des émigrations deviennent des phénomènes collectifs liés à une sorte de psychose des animaux, les migrations peuvent être des phénomènes individuels qui affectent une population dans la mesure où le nombre d'animaux suivant séparément un trajet déterminé devient important ». Comme le souligne SOUTHWOOD (1962) la majorité de ces déplacements aboutit à la colonisation temporaire de nouveaux sites par une population déterminée ; d'où l'intérêt qu'il y a de découvrir les mécanismes qui président à ces mouvements et, une fois ceux-ci déclenchés, les régissent dans leur déroulement temporel et spatial.

Une étude des mouvements de populations d'Oiseaux ou de Mammifères peut être abordée selon deux optiques différentes, complémentaires d'ailleurs l'une de l'autre. Les recherches entreprises peuvent en effet avoir pour but principal soit de suivre le devenir précis d'une population donnée : aire de reproduction, voie de migration, zone d'hivernage ; soit d'étudier les conditions mêmes dans lesquelles se réalisent ces déplacements, l'origine et le devenir des individus demeurant inconnus. Il est bien évident que les techniques à mettre en œuvre seront différentes selon l'objectif poursuivi.

L'évolution dans les techniques utilisées est différente en fonction de ces deux conceptions. Dans le premier cas, elle repose principalement sur les améliorations apportées aux moyens de surveillance des déplacements (radar) tandis que, dans le second cas, elle consiste essentiellement en une mise au point de méthodes à employer afin d'obtenir, à tous les stades, un échantillonnage représentatif de la population. Ces préoccupations majeures expliquent que l'évolution qui peut être constatée ne se limite pas à l'apparition de techniques entièrement nouvelles (radio-télé-métrie) mais qu'elle comprend également des adaptations de méthodes connues et utilisées depuis fort longtemps : amélioration des techniques d'échantillonnage, extension à d'autres espèces animales, etc...

I. — ÉVOLUTION DES TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE DES POPULATIONS D'OISEAUX ET DE MAMMIFÈRES

Le titre de ce chapitre doit être compris en tenant compte de nos préoccupations, c'est-à-dire que parmi les techniques d'échantillonnage, seules seront retenues celles qui autorisent une étude ultérieure des mouvements de ces populations.

Pour la clarté de l'exposé, nous distinguerons :

Les techniques d'échantillonnage indirect qui permettent de suivre avec précision, grâce à certains indices (empreintes, fèces, etc.) les déplacements des animaux sans que ceux-ci soient eux-mêmes observés.

Les techniques d'échantillonnage direct qui impliquent au moins une observation des animaux. En fait, le plus souvent, elles comportent une capture suivie d'un marquage et d'un lâcher des individus en vue de contrôles ultérieurs. Il est bien évident qu'en pratique cette distinction est trop rigide. Nous aurons l'occasion de signaler des techniques d'études mixtes : animaux capturés, relâchés, puis suivis par l'observation des indices qu'ils laissent. Nous conserverons cependant cette classification car il apparaît que la plupart des techniques d'études mixtes susceptibles d'être rencontrées proviennent de l'évolution d'une technique pré-existante qui, elle, appartenait sans conteste possible à l'une des deux catégories.

A. — ÉVOLUTION DES TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE INDIRECT

L'exploitation des renseignements fournis par les indices laissés par les animaux au cours de leurs déplacements remonte à la plus haute antiquité. De nos jours des procédés de chasse reposent encore sur ce principe qui a été également mis à profit dans certaines techniques d'étude des déplacements de population. Les indices les plus utilisés sont les empreintes, les fèces et les traces d'urine.

1. *Les empreintes*

Les voies de migration ou celles empruntées lors des mouvements saisonniers de plusieurs espèces de grands herbivores (Caribou, Wapiti, Bison, Éléphant) sont connues par l'observation des pistes utilisées traditionnellement par les animaux (HAMILTON, 1939 ; EDWARDS et RICEY, 1956). Dans des conditions particulières, il est possible de suivre par cette technique, le devenir d'une population donnée. Il faut pour cela que la population soit relativement isolée des populations voisines et que, de plus, le substrat se prête à la conservation de ces indices. Une couche de neige sur le sol favorise ce phénomène, ce qui explique, par exemple, que cette technique ait été utilisée assez fréquemment en Union Soviétique (FORMOZOV, 1946 ; KAPLANOV, 1948 ; NOVIKOV, 1959 ; NAUMOV, 1963). Pour les petits Mammifères, tels que SPITZ (1963) les définit, le relevé des empreintes a été utilisé par différents chercheurs pour étudier les déplacements de certains rongeurs à l'intérieur de leur territoire : MURIE (1936), SCOTT (1943), NOVIKOV (1962). Les résultats obtenus laissent à penser qu'occasionnellement l'emploi de cette méthode pourrait être envisagé pour quelques espèces.

2. *Les fèces et les traces d'urine*

L'exploitation de ces indices a été tentée en vue d'aboutir à une estimation quantitative d'une population en un lieu TAYLOR, 1930 ; VORHIES et TAYLOR, 1933, ; HENDRICKSON, 1936, 1939 ; BENNET *et al.*, 1940 ; ARNOLD, 1943 ; EMLÉN *et al.*, 1957 ; mais, en eux-mêmes, ils ne permettent pas une surveillance des déplacements. Afin de répondre à cette exigence, des

recherches furent entreprises pour « personnaliser » indirectement les individus ou groupes d'individus par l'intermédiaire de ces signes naturels. Des techniques d'étude mixtes telles que nous les avons définies précédemment, furent préconisées. Elles relèvent de deux conceptions qui, dans la pratique, se traduisent par diverses modalités d'application. Selon la première conception, les laissées de l'animal seront identifiables car marquées tandis que l'animal lui-même demeure inconnu. Au contraire, selon la seconde conception, il est nécessaire que l'animal soit initialement capturé, subisse un traitement particulier avant d'être lâché. Ses déplacements ultérieurs seront, dès lors, contrôlés comme précédemment car les indices qu'il laissera seront marqués.

a) *Marquage par des substances colorées.*

Les substances colorées susceptibles d'être observées ou décelées dans les fèces ou les traces d'urine sont la conséquence de la libre consommation d'appâts les contenant, appâts mis à la disposition des animaux dans leur territoire. DAVIS *et al.* (1948) expérimentèrent cette technique sur des populations de Surmulots tandis que NEW (1958) l'appliqua, avec moins de succès, sur diverses espèces de petits Mammifères. KINDEL, en 1960, démontra que cette méthode n'était pas intéressante pour suivre les mouvements locaux des Ruminants sauvages. En 1961, BROWN et CONAWAY utilisèrent cette technique d'étude mais procédèrent à une capture initiale des individus. Les substances colorées à retrouver ultérieurement dans les urines, provenaient de la disparition progressive d'implants sous-cutanés. BROWN, la même année, fit appel à des implants particuliers libérant des substances qui coloraient à la fois les fèces et les urines. SOWLS et MINNAMON (1963) reprirent le principe des appâts mais en ajoutant des morceaux de verre colorés à la nourriture donnée par ingestion forcée. Ils travaillèrent sur Pécari, espèce qui présente un domaine vital plus vaste que celui des espèces précédemment étudiées. Par cette technique ils purent suivre les déplacements de certains groupes d'animaux pendant dix-huit jours environ.

En raison des résultats acquis, cette méthode mérite de retenir notre attention car elle ouvre des perspectives nouvelles. Auparavant, en effet, l'emploi de telles techniques demeurait limité en raison principalement de la faible durée pendant laquelle les indices demeurent marqués et repérables. Une évolution en ce domaine peut être envisagée en raison des progrès actuels tant dans l'industrie chimique des matières colorantes que dans les moyens de détection de leur présence. Le développement de ces techniques d'étude est lié, en effet, à un accroissement de la durée pendant laquelle les fèces ou l'urine resteront marqués à la suite d'une seule intervention, quelle que soit la méthode employée pour obtenir une rémanence accrue du marquage.

b) *Marquage par des éléments radioactifs.*

L'utilisation des éléments radioactifs pour suivre en nature le déplacement des animaux est signalé dès 1952, par GRIFFIN. Nous ne retiendrons actuellement parmi ces travaux que ceux pour lesquels l'idée directrice était de pouvoir repérer les animaux par leurs fèces ⁽¹⁾. CARRICK (1956) mélangea de l'iode radioactif à des appâts afin de mesurer la libre consommation du Lapin tandis que par la même méthode les déplacements des Campagnols furent étudiés par MILLER (1957) et ceux des Rats par TWIGG et MILLER (1963).

Des résultats obtenus il apparaît, qu'actuellement du moins, l'utilisation de cette technique se prête assez mal à l'étude des déplacements collectifs de grande amplitude en raison essentiellement de la vie relativement brève de ces éléments radioactifs.

B. — ÉVOLUTION DES TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE DIRECT, N'IMPLIQUANT PAS UN MARQUAGE ARTIFICIEL

Le terme de marquage artificiel indique qu'un marquage naturel peut exister et peut, occasionnellement, être utilisé avec profit pour suivre les déplacements d'une population. Cette tech-

⁽¹⁾ Les recherches effectuées à l'aide d'éléments radioactifs inclus dans une bague posée sur l'animal feront l'objet d'un paragraphe spécial car elles relèvent d'une autre technique.

nique de reconnaissance individuelle a été exploitée surtout chez les Mammifères terrestres : BUECHNER (1965) pour l'Antilope Kob, SCHALLER (1963) pour les Gorilles, PFEFFER (1963) pour les Mouflons de Corse.

Dans une population aviaire donnée certains individus peuvent se distinguer des autres en raison de caractères phénotypiques particuliers : albinisme partiel, malformation du bec ou d'une patte, etc. L'existence possible d'individus identiques dans d'autres populations exclut l'exploitation de ces seuls indices naturels lorsque, pour une étude de mouvements de population les déplacements ne sont pas suivis de façon continue.

Les techniques d'étude par échantillonnage direct sans marquage artificiel présentent l'avantage de ne pas nécessiter une manipulation — et donc une perturbation — des individus. En contrepartie, elles se révèlent être très contraignantes au point de vue temps, et exigent que l'observateur puisse approcher d'assez près les animaux pour les distinguer sans risque d'erreur (PFEFFER, 1963). De plus, peu d'individus peuvent être suivis simultanément ce qui parfois compromet la validité de l'échantillonnage ainsi réalisé. Les difficultés augmentent considérablement si, dans les populations observées, aucun individu ne peut être personnalisé or, ceci demeure la règle générale (Mammifères marins, Oiseaux, etc.). L'évolution qui s'est produite se comprend aisément en fonction même des aléas inhérents à ces techniques. Pour notre exposé, nous distinguerons trois grandes voies évolutives en précisant tout de suite qu'en pratique les améliorations obtenues dans chacune d'elles ont été, bien entendu, appliquées simultanément : évolution dans les techniques d'approche des animaux, évolution dans les techniques de récolte des observations, évolution par appel à l'automatisme.

1. *Évolution dans les techniques d'approche des animaux*

a) *Moyens optiques.*

L'adjonction aux facultés visuelles naturelles de l'Homme de moyens optiques adaptés (jumelles, télescope, etc.) sera rappelée pour mémoire car ces moyens font désormais partie intégrante du matériel jugé indispensable.

Initialement leur utilisation demeurait limitée aux observations diurnes. Or, beaucoup d'espèces présentent un maximum d'activités nocturnes ou durant les périodes de faible luminosité : crépuscule, aurore. L'exploitation des possibilités offertes par le rayonnement infrarouge a permis dans certains cas la réalisation d'observations dans l'obscurité : SOUTHERN *et al.* (1946) sur Mammifères, SEUBERT (1948) sur Oiseaux. A notre connaissance, cette technique nouvelle n'a pas encore été utilisée pour une méthode d'études de déplacements de population.

Divers auteurs dont RICHTER (1955), EALEY et DUNNET (1956) ont tenté de surmonter cette difficulté en abordant le problème différemment : par un marquage préalable approprié des animaux (marques en plastique réfléchissant la lumière ou marques recouvertes de peinture phosphorescente par exemple) il devenait possible, dans certaines conditions, de discerner les déplacements des individus à l'aide des moyens optiques classiques.

b) *Moyens de transport mécaniques.*

Nous ne traiterons pas des avantages offerts par l'emploi de véhicules (automobiles, camions, avions, etc.) pour se rendre sur les lieux où les recherches seront entreprises. Ce facteur ne doit pas, pour autant, être méconnu car il est, en lui-même, un réel facteur de progrès et d'évolution. Nous envisagerons, par contre, les divers moyens de transport en tant que supports techniques au cours des observations.

L'avion et l'hélicoptère retiendront particulièrement notre attention car l'évolution la plus caractéristique a été obtenue à la suite de leur utilisation par les chercheurs. Il est d'ailleurs fait appel à ces moyens de plus en plus souvent. Ils ne constituent cependant pas une panacée : leur emploi est limité d'une part par la taille des espèces à observer et d'autre part par la nature du biotope où elles se trouvent (PETRIDES, 1944). Ainsi, pour les Oiseaux, DORST (1963) donne comme

indication « animal d'une taille relativement grande, à partir de celle d'un Canard et se tenant en terrain découvert ». Par cette technique, il a été procédé à des recensements de diverses populations d'Anatidés, dans l'ancien et le Nouveau Monde : voir à ce sujet les publications du *Fish and Wildlife Service*, d'HOFFMANN et PENOT (1955), d'HEYLAND et MURO (1957). Pour les Mammifères terrestres, BOURLIÈRE (1963) indique « milieu très ouvert et taille suffisante des animaux ».

Si ces conditions sont réunies le gain de temps qui peut être obtenu par cette technique d'étude est considérable. DORST (1963) cite l'exemple suivant : « On a estimé, dans le cas de dénombrement de Cervidés aux États-Unis, que le travail réalisé en 9 semaines d'observations aériennes n'aurait pas pu être accompli en 3 siècles par des observateurs au sol et avec un prix de revient nettement supérieur, en dépit du prix élevé de l'heure de vol. »

Les travaux publiés en ce domaine sont trop nombreux pour être tous cités. Signalons à titre d'illustration ceux de : SAUGSTAD (1942), SWANK et GLOVER (1948), BUECHNER (1950), FULLET (1950), SPRINGER (1950), RAKOV (1957, 1959), ZAPHIRO et TALBOT (1961) ; BROOKS et BUSS (1962), EVANS *et al.* (1966).

Nous mentionnerons plus particulièrement ceux de GRZIMEK et GRZIMEK (1960) qui ont abouti à une connaissance précise des troupeaux de différentes espèces vivant dans le parc national du Seregenti au Tanganyika, de ROBEL (1960) sur le Cerf du Canada, car ils apportent la preuve expérimentale que dans certaines conditions l'observation aérienne de populations non marquées peut autoriser une étude précise de leurs déplacements. C'est par une observation aérienne systématique et régulière des troupeaux que ROBEL a pu identifier les territoires d'été et d'hivernage d'un troupeau donné et suivre la migration de cette « unité biologique » parmi les autres.

Pour les grands Mammifères marins cette technique d'étude a pu également être mise à profit occasionnellement : migrations des Cétacés (BOURLIÈRE, 1963).

Les bateaux et navires peuvent aussi être utilisés. Leur emploi semble être surtout prometteur à l'égard des grands Mammifères marins (EKLUND et ATWOOD, 1962) car, pour ces animaux, les risques de perturbations peuvent être presque totalement éliminés, ce qui n'est pas toujours le cas pour des études portant sur des Oiseaux de marais par exemple.

Les satellites, d'après FLYGER et TOWNSEND (1968) pourraient être mis à contribution, dans certaines conditions, pour ce type de recherches. Ces auteurs citent en particulier les migrations des Ours polaires.

c) Moyens électromagnétiques.

À la suite des observations faites pendant la guerre (1943) il a été découvert que la plupart des « anges » (échos radar non identifiés) apparaissant sur les écrans de lecture étaient provoqués par la rencontre d'un vol d'Oiseaux avec le faisceau d'ondes électromagnétiques. Cette nouvelle technique d'approche des animaux fut exploitée dès la fin de la guerre pour accroître nos connaissances sur les phénomènes migratoires : DROST (1949-1955), KNORR (1954), MEINERTZHAGER (1955), KLOMP (1956), SUTTER (1957), TEDD et LACK (1958), LACK (1959, 1962, 1963), DRURY et EITH (1962), EASTWOOD *et al.* (1962), HASSLER *et al.* (1963), LEE (1963), NISBET (1963), DRURY et NISBET (1964) ; DYER (1964) ; EASTWOOD et RIDER (1965-1966), WILCOCK (1965), EASTWOOD (1967) ; NISBET et DRURY (1967).

Ces dernières années, les progrès réalisés tendent à autoriser dans de nombreux cas une identification spécifique en fonction des caractéristiques des échos reçus (HOUGHTON, 1964). C'est pourquoi un programme international de recherches des principales voies de migration des différentes espèces est en cours de mise au point. Parallèlement, nous signalerons qu'une coopération franco-allemande est prévue afin de tenter de suivre, tout au long de leur migration hivernale, des populations de Grues se reproduisant dans des zones marécageuses polonaises.

Si ce projet est mené à bien ce serait la première fois que, par exploitation de la même technique — emploi du radar — il aurait été possible de réaliser des études qui jusqu'alors différaient dans leur nature : connaissance des mouvements en eux-mêmes d'une part et, surveillance des

mouvements d'une population donnée d'autre part. Nous retrouvons une évolution comparable à celle signalée précédemment dans l'utilisation de l'avion ou de l'hélicoptère : pour les études des migrations dans leur ensemble ou pour des études de la migration d'un troupeau particulier.

Pour les Mammifères marins, il n'a pas été trouvé mention de travaux effectués à l'aide de cette technique.

2. *Évolution dans les techniques de récolte des observations*

L'étude des mouvements de populations porte, par définition, sur des phénomènes qui se succèdent sans interruption dans le temps et dans l'espace. Leur observation directe même à l'aide des moyens techniques décrits précédemment demeure délicate surtout si elle est envisagée sur de vastes superficies. La possibilité de faire appel à diverses techniques d'enregistrement — photographique, cinématographique, magnétique, etc. — a totalement modifié les potentialités de recherches en ce domaine. Leur emploi autorise en effet une fixation — et souvent même une visualisation — des phénomènes. Il n'est plus indispensable de noter sur-le-champ mais il suffit d'avoir des repères sûrs qui permettront une étude ultérieure approfondie — et répétée si besoin est — des documents recueillis à un instant déterminé. De plus, ces techniques peuvent être utilisées à distance et diminuent ainsi les risques de perturbation qui sont liés à une approche directe des animaux.

a) *Enregistrement photographique ou cinématographique.*

Les avantages de ces progrès techniques ont été mis à profit par les observateurs, soit au sol, soit à partir d'avions ou d'hélicoptères.

Du sol. — Des méthodes ont permis d'étudier les populations d'Oiseaux ou de Mammifères. Certaines s'appliquent à des études statiques : SAPIN-JALOUSTRE et CENDRON (1953) par exemple. D'autres sont directement utilisables pour l'analyse des mouvements de population : DRINNAN et RIDPATH (1957), VAN TETS (1966), DUNNET (com. pers.).

Par voie aérienne. — L'avantage majeur de la photographie ou cinématographie aérienne est de permettre d'opérer en un temps réduit sur de très grandes surfaces, car les documents recueillis peuvent être agrandis avant d'être exploités : LEEDY (1948), GOETHE (1961). Les limites d'emploi signalées pour l'observation aérienne sont légèrement réduites : le couvert demeure un facteur imitant tandis que la taille des animaux peut, dans certaines conditions, être plus faible. L'agrandissement photographique et l'observation ultérieure de clichés fixes donnent, en effet, une faculté de détermination spécifique plus élevée.

BOURLIÈRE (1963) note un avantage supplémentaire « elles (ces techniques) permettent de dénombrer ultérieurement de gros troupeaux, ce qui serait trop imprécis à l'œil nu » et cite comme exemple les recensements photographiques réalisés sur les populations migratrices de Cétacés ou sur celles des Phoques groupés sur le pack côtier. DORST (1963), de son côté, indique des faits analogues relatifs aux grands rassemblements d'Oiseaux.

b) *Systèmes de télécommande.*

La mise au point de systèmes de télécommande — reposant sur des principes variés — a apporté une nouvelle aide au chercheur non seulement en lui évitant de se rendre sur place pour déclencher au moment voulu le dispositif d'enregistrement dont il se servait mais surtout en le mettant à même d'agir au moment opportun sans provoquer la moindre perturbation parmi les animaux à étudier. Nous citerons par exemple, les systèmes de télécommande pour prises de vue photographique, cinématographique, directe ou par caméra de télévision, en lumière du jour ou en lumière infra rouge, etc.

c) *Enregistrement magnétique.*

Prendre des notes tout en poursuivant des observations soulève fréquemment des difficultés matérielles et détourne momentanément l'attention. Pour obvier à ces difficultés tout en conser-

vant le principe même des renseignements recueillis au fur et à mesure certains chercheurs ont fait appel à l'enregistrement magnétique. Les observations sont énoncées à haute voix et automatiquement enregistrées. Il est, de plus possible, par cette technique d'augmenter considérablement la somme d'informations stockée en un temps donné. La lecture ultérieure de la bande magnétique permettra leur exploitation.

D'autres exploitations des possibilités offertes par l'enregistrement magnétique peuvent être envisagées. Nous signalerons, par exemple, celle qui autoriserait une évaluation de l'intensité migratoire à une époque et en un lieu donnés, par analyse des bruits et signaux caractéristiques enregistrés. Dès 1960, GRABER et COCHRAN se proposèrent d'étudier ainsi ces phénomènes mais ils opéraient par écoute directe, à l'oreille. La méthode était donc des plus astreignantes et ne permettait pas un stockage des documents en vue de leur exploitation ultérieure. Nous noterons également qu'en fonction des connaissances nouvelles acquises dans le domaine de la bio-acoustique marine certains déplacements de Mammifères marins pourraient, semble-t-il, être suivis à l'aide d'une technique comparable.

3. *Évolution par appel à l'automatisme*

Une nouvelle évolution dont les conséquences ont été très grandes est apparue lorsqu'aux moyens techniques disponibles, il a été possible d'adjoindre un fonctionnement automatique. Ces techniques modernes permettent en effet des recherches de longue durée, une accumulation énorme de documents qui resteront, car enregistrés, à la disposition du chercheur sans exiger de ce dernier une présence et une attention continues.

Enregistrement photographique ou cinématographique automatique.

Rappelons, par exemple, les travaux originaux de PEARSON (1960) et d'OSTERBERG (1962). Les résultats obtenus laissent à penser qu'une extension à certaines études de mouvements de population peut être envisagée. Pour les Oiseaux, ceci est déjà réalisé sur une grande échelle : la cinématographie vue par vue des images des écrans radar en est une des illustrations les plus marquantes. Il est bien évident que le même dispositif sera aussitôt adopté lorsque cette technique radar sera appliquée à l'étude des mouvements de certaines espèces de Mammifères.

Autres méthodes d'enregistrement automatique.

Diverses autres méthodes d'enregistrement automatique ont, occasionnellement, été utilisées. Les documents sont recueillis sous une forme codée ou non. La plupart des travaux cités dans la littérature a trait à des déplacements de Mammifères dans leur domaine vital : BONNIN *et al.* (1961), LAWRENCE et SHERMAN (1963), etc., mais déjà certains auteurs (VOISEY et KALBFLEISH, 1962), ont apporté des modifications qui autorisent dès maintenant un comptage des animaux en mouvement selon un itinéraire prédéterminé. Le système décrit (plateau en équilibre avec établissement d'un contact électrique lors d'une surcharge) permet de plus de préciser, dans certaines conditions, l'espèce à laquelle appartient l'animal, les indications recueillies étant fonction du poids.

II. — ÉVOLUTION DES TECHNIQUES D'ÉTUDE POUR LESQUELLES UN MARQUAGE PRÉALABLE DES ANIMAUX EST NÉCESSAIRE

Le marquage des individus d'une population est une opération destinée soit à permettre une surveillance directe de ces animaux, soit à autoriser leur identification lors d'un contrôle ultérieur. Il nous faudra distinguer les contrôles dans lesquels l'identification nécessite que l'individu soit

mis à mort de ceux ou l'individu peut être identifié par examen externe ou simplement même par les indices qu'il laisse. Le marquage nécessite en règle générale une capture de l'animal ce qui peut, parfois, entraîner un trouble de comportement. C'est pourquoi différents auteurs ont préconisé des techniques de marquage qui n'impliquent pas une capture.

A. — UNE CAPTURE INITIALE N'EST PAS NÉCESSAIRE

Pour certaines espèces de Grands Mammifères de très nombreuses techniques de marquage des animaux, sans capture préalable, ont été préconisées. A titre d'illustration nous indiquerons quelques-unes d'entre elles qui font appel à un marquage coloré. Dès 1939, un article, non signé cite l'emploi de flèches portant à l'une de leurs extrémités une éponge imbibée de peinture. Des résultats expérimentaux sont donnés par YOUNG (1946), ROMANOV (1956), VERME (1962). CRUMP (1961) procède, pour sa part, par pulvérisation aérienne de peinture sur des troupeaux d'Antilopes, tandis qu'HANSEN (1964), SIMMONS et PHILIPPS (1967) agissent du sol à l'aide de dispositifs automatiques placés aux abords des points d'eau.

Pour les Oiseaux, la méthode décrite par CRUMP (1961) ne semble pas avoir été utilisée. Il est à noter que, techniquement, cela serait possible comme le démontrent les expériences de SEUBERT (com. pers.) portant sur des regroupements nocturnes d'Ictéridés, espèces de biologie voisine de l'Étourneau européen et également préjudiciables à l'Agriculture. Par pulvérisation aérienne de substances mouillantes qui se fixent sur le plumage des oiseaux, SEUBERT a pu obtenir une mortalité assez élevée consécutive à une rupture des phénomènes de thermo-régulation des individus.

Pour les Petits Mammifères, nous citerons deux techniques particulières :

— celle de NEW (1959). L'auteur met à la disposition de Rongeurs ou d'Insectivores des appâts contenant différentes substances qui, selon les cas, une fois ingérées, colorent soit les réserves graisseuses soit les dents des animaux ;

— celle de LINHART et KENNELLY (1967). Partant du même principe d'administration ils obtiennent, chez le Coyote, un marquage par fluorescence des os. Cette technique présente d'autre part l'avantage suivant : le marquage peut être décelé pendant des délais plus longs tandis qu'il a une durée limitée à 8-10 jours dans la méthode expérimentée par NEW.

L'inconvénient majeur de ces deux techniques réside dans le fait qu'elles nécessitent toutes deux, lors du contrôle, la mise à mort de l'animal capturé (exceptions faites des cas où le contrôle porte sur la coloration dentaire).

B. — IL FAUT CAPTURER L'ANIMAL A MARQUER

L'évolution notée en ce domaine revêt deux aspects : amélioration soit des techniques de capture, soit des techniques de marquage. Nous adopterons cette distinction pour l'exposé en faisant toutefois remarquer qu'en ce domaine également les évolutions qui se sont produites dans une voie aussi bien que dans l'autre, ont été pratiquement mises à profit simultanément.

1. *Évolution dans les techniques de capture*

Deux types d'évolution méritent d'être notées dans les techniques de capture : d'une part, d'importantes améliorations ont été apportées aux procédés utilisés depuis très longtemps dont particulièrement l'emploi de filets et d'autre part, de nouvelles techniques ont été mises au point.

a) *Améliorations de techniques anciennes.*1. *Emploi de filets.*

Depuis la plus haute antiquité l'Homme a fait appel à diverses utilisations de filets pour se rendre maître d'animaux sauvages. Il était normal qu'à partir de ces procédés fussent préconisées des techniques permettant de suivre les déplacements des animaux qui, une fois capturés, pour raient être marqués avant d'être lâchés. Des travaux en ce domaine eurent lieu chez de nombreuses espèces. Parmi les Mammifères nous citerons, par exemple, diverses espèces de l'Ancien et du Nouveau Monde tels les Cervidés, les Mammifères marins (Delphinidés) ou des Chiroptères (JACKSON, 1926 ; LYMAN, 1926 ; VAN TYNE, 1933). De tous temps cependant cette méthode a été particulièrement utilisée pour la capture des Oiseaux. Pour les Mammifères l'évolution notée dans les autres techniques d'études a fait abandonner, sauf cas exceptionnels, cette méthode de capture tandis qu'elle demeure la plus usitée et la plus valable pour les recherches nécessitant un marquage préalable des populations aviaires.

Dans cette optique des progrès constants sont réalisés et ils peuvent, pour l'exposé, être regroupés en deux catégories : ceux qui autorisent la capture d'un plus grand nombre d'individus (ce qui augmente simultanément les chances d'obtenir ainsi un échantillon vraiment représentatif de la population à étudier) et ceux qui permettent d'entreprendre des recherches sur des espèces qui, auparavant, ne pouvaient être atteintes qu'exceptionnellement par ce procédé, telles les Oies.

L'emploi de filets placés presque au niveau du sol, en travers des voies de passage des oiseaux demeure la technique la plus couramment utilisée. Les filets de soie naturelle ont été abandonnés au profit de filets en fibres synthétiques, plus résistants et d'une manipulation plus aisée. Parallèlement à ce progrès technique les résultats des études éthologiques (comportements naturels de diverses espèces au cours de leur cycle biologique, comportement réactionnel vis-à-vis des filets, etc.) ont abouti à la mise au point de méthodes spécifiques dont l'application pratique permet d'obtenir un meilleur échantillonnage de la population à étudier. Les travaux de STAMM *et al.* (1960) et SWINEBROAD (1964) fournissent de nombreux et précieux renseignements en ce domaine. Un dispositif particulier, mis au point par GREENLAW et SWINEBROAD (1967) mérite de retenir l'attention. Par un jeu de poulies il est possible de hisser le filet à différentes hauteurs à partir du sol. Cette technique permet ainsi une étude de la répartition verticale des espèces aviaires en fonction des divers facteurs du milieu écologique où elles évoluent.

La véritable évolution dans la technique de capture par emploi de filets s'est réalisée à partir de perfectionnements successifs apportés aux techniques anciennes dans lesquelles il était fait appel aux pantes et pantières à une ou deux nappes rabattantes. L'efficacité de ce mode de capture était fréquemment compromise et par le temps nécessaire au filet pour se rabattre sur les Oiseaux et, accessoirement, par la présence à plus ou moins faible distance du manipulateur. Actuellement dans les procédés modernes il faut distinguer :

— les filets du type *Clap Net*, placés de part et d'autre de zones particulièrement fréquentées par les Oiseaux. Une fermeture plus rapide de la nappe ou des nappes rabattantes peut être obtenue par divers modes de déclenchement (explosif par exemple). Par l'adjonction d'un système de télécommande (il en existe différents types : contact électrique, radiocommande) le trouble lié à la présence à proximité du manipulateur peut être éliminé.

— les filets des types *Cannon net* et *Rocket net* qui sont projetés au moment voulu sur des rassemblements d'oiseaux au sol à partir de véhicules à l'arrêt ou d'installations au sol et dont « la mise à feu » est télécommandée.

Les renseignements précis relatifs aux dispositifs utilisés et aux conditions d'emploi recommandées en fonction des espèces à capturer sont indiqués dans les travaux publiés parmi lesquels nous citerons ceux de DILL et THORNSBERRY (1950), TORDOFF (1954), MOLISON (1957), GREEN (1963), LACHER et LACHER (1964), FUNK et GRIEB (1965), SHERWOOD (1965), RAVELING (1966), THOMPSON et DELONG (1967).

2. *Emploi de pièges.*

Pour les Oiseaux le piégeage peut être employé dans certaines recherches (Bouvreuril), mais il est limité en pratique à quelques espèces dont les Anatidés. Pour les Grands Mammifères, par contre, les techniques proposées sont très nombreuses et très diversifiées en fonction des mœurs et de la taille des individus à capturer aussi bien qu'en fonction des buts poursuivis. Mais ces méthodes ne sont pas sans aléas. D'une part, leur mise en œuvre exige des moyens importants et d'autre part, des pertes sont à redouter car certains animaux pris dans un piège meurent subitement, victimes d'un choc physiologique ⁽¹⁾. Les améliorations proposées tendent précisément à diminuer ces risques tout en augmentant l'efficacité des procédés. Pour les petits mammifères, le piégeage, en lui-même, est plus aisé mais, dans le cadre de nos préoccupations, il implique que des mesures adaptées soient prises pour que l'animal capturé ne meure pas dans le piège : adjonction d'une boîte dortoir par exemple. Les techniques sont très nombreuses car, comme le fait remarquer SPITZ (1963) : « en réalité chaque chercheur jusqu'à présent a mis au point sa propre technique ». Cet auteur conclut, toutefois, « qu'après une phase de recherches méthodologiques dans toutes les directions, il commence à se dessiner une nette tendance à se limiter aux techniques d'échantillonnage les plus intéressantes. On peut espérer, de cette façon, voir les études de populations fournir des résultats plus valables et plus comparables entre eux ». Une évolution similaire semble également se produire dans le choix des techniques d'étude des mouvements de population.

3. *Techniques diverses.*

Dans ce paragraphe nous regrouperons, à titre d'illustration, quelques publications dans lesquelles les auteurs exposent les modifications qu'ils ont apportées à des techniques existantes afin d'en augmenter l'efficacité.

Pour les oiseaux l'intérêt des appellants est mentionné à plusieurs reprises tandis que WARD et BOWERS (1948) notent qu'il est possible dans certaines conditions de remplacer ceux-ci par un simple miroir. TAAPKEN et MOOIJMAN (1961), CUMMINGS (1964) indiquent pour leur part des procédés destinés à faciliter la capture nocturne d'Oiseaux d'eau. Pour les grands mammifères certains chercheurs ont mis au point des techniques particulières permettant de marquer les animaux sans les forcer. FISHER (1942) procède, par exemple, au rabat des Antilopes vers des enclos ou filets par emploi d'un avion volant à basse altitude tandis que SIMKIN (1963) utilise un hélicoptère selon une technique qui lui permet de marquer de façon relativement aisée des Hippopotames.

b) *Techniques nouvelles.*

Nous regrouperons sous ces termes de techniques nouvelles l'adaptation de méthodes de capture anciennes mais qui demeuraient pratiquement inutilisables sans l'apport de moyens modernes appropriés.

1. *Diffusion par haut-parleur de signaux enregistrés.*

L'emploi d'appaux ou d'appelants a été mis à profit par les chasseurs depuis la plus haute antiquité. Dans certaines conditions (LOFTIN et OLSON, 1960) cette technique peut rendre d'appréciables services. Cependant les contingences qu'elle implique expliquent l'essor que connaissent ces dernières années les appareillages de reproduction sonore. Ceux-ci en effet permettent de diffuser à volonté et dans des conditions précises des signaux naturels ou artificiels préalablement enregistrés et dont la sémantique pour telle ou telle espèce est connue. L'utilisation de ce procédé en vue d'une étude des populations et de leurs déplacements a été plus particulièrement mise à profit chez les oiseaux afin d'augmenter les taux de capture par rapport à ceux susceptibles d'être obtenus par l'emploi des procédés classiques de piégeage : BOHL (1956), LEVY *et al.* (1966), STIRLING et BENDELL (1966), SILLY et ROBEL (1967).

⁽¹⁾ Ce phénomène peut occasionnellement se manifester au cours d'opérations de filetage aussi bien chez les Oiseaux (Turdidés par exemple) que chez les Mammifères (Cervidés et Leporidés).

Tous ces travaux ont trait à des Oiseaux-Gibier et les résultats signalés sont intéressants. En l'état actuel de nos connaissances sur le comportement réactionnel des animaux à l'audition de signaux naturels ayant une sémantique spécifique ou interspécifique, il est logique de penser qu'une extension à d'autres espèces (Oiseaux ou Mammifères) puisse raisonnablement être envisagée.

2. *Emploi de substances diverses pour immobiliser les grands animaux.*

En médecine vétérinaire l'immobilisation passagère des grands animaux est une technique courante. Elle peut être obtenue, selon les propriétés pharmacologiques des spécialités utilisées, de diverses manières : paralysie ou anesthésie temporaires, suppression momentanée de toute réaction psychique de fuite ou de défense. Les animaux ainsi traités sont des animaux captifs dont l'état physiologique est connu et dont également il est possible de s'approcher. Les doses à injecter, selon le but recherché, peuvent être déterminées à l'avance avec une marge de sécurité telle que les accidents physiologiques peuvent être éliminés dans une très large mesure. Le problème se pose très différemment lorsqu'il s'agit d'animaux sauvages vivant en liberté.

— *Pour les Oiseaux*, par exemple, des méthodes de lutte contre des espèces préjudiciables à l'agriculture reposent sur ce principe : les individus ayant consommé des appâts se révéleront incapables de s'envoler lorsqu'un être humain — ou un prédateur quelconque — s'approchera d'eux. Ils pourront ainsi être capturés et mis à mort. Laissés sur place, un fort pourcentage mourra après des délais variables, fonction essentiellement des conditions météorologiques. Le but poursuivi étant la destruction de ces Oiseaux cette technique ne peut pas être envisagée sans modifications profondes en vue d'une étude de mouvement de population. Ces modifications, mises au point par CHAPPELLIER (1946), GIBAN (1950), RIDPATH *et al.* (1961), MURTON (1962), GIBAN *et al.* (1966), WILLIAMS (1966), CRIDER et DANIEL (1967), autorisent de nos jours son utilisation dans des conditions précises et vis-à-vis de certaines espèces (Corvidés, Columbides, Laridés, Ansériformes, etc). L'emploi de cette technique demeure toutefois limité car quelles que soient les précautions prises une mortalité non négligeable peut se produire parmi les animaux capturés. L'explication de ce phénomène réside dans le fait que l'opérateur n'est pas maître de la quantité ingérée par un Oiseau mais seulement de la concentration de la substance dans l'appât. Il est à noter que sporadiquement cette technique est réutilisée à partir de la même substance, les auteurs (MURTON, 1962 ; WILLIAMS, 1966 ; CRIDER et DANIEL, 1967) tentant d'éviter cet écueil majeur par modifications des conditions d'emploi, tandis que d'autres produits doués de propriétés similaires sont mis en expérience (SMITH, 1967). D'une façon générale les difficultés rencontrées subsistent.

— *Pour les Mammifères* et spécialement les grands mammifères et certains mammifères marins cette technique de capture connaît un essor considérable depuis ces dernières années. Entre autres avantages elle permet d'éliminer le risque de mortalité par choc physiologique. Deux modes d'application peuvent être envisagés :

α) L'immobilisation, comme pour les Oiseaux, est obtenue à la suite d'une libre ingestion par les animaux d'appâts appropriés. Le poids des individus vis-à-vis desquels la technique est appliquée offre une marge de sécurité un peu moins étroite que dans le cas précédent. C'est ainsi que HALL *et al.* (1953), GOETS *et al.* (1955), MARLOW (1956), ANDERSON (1961), MONTGOMERY (1961), BALSER (1965), donnent des exemples intéressants d'application pratique pour différentes espèces d'Herbivores ou Carnivores.

β) Afin d'éliminer le risque (même réduit) de mortalité inhérent à la libre consommation par les animaux des appâts mis dans leur domaine vital des essais d'injection intramusculaire de drogues à doses connues furent entrepris sur animaux captifs. Les concentrations minimales et maximales furent ainsi déterminées pour toute une série de produits et il fut envisagé d'appliquer ces connaissances sur animaux sauvages en liberté.

Le facteur distance dans ce cas était éliminé grâce à l'emploi d'une seringue particulière qui, projetée à l'aide d'une flèche ou d'une cartouche spéciale, injectait par voie intramusculaire la

drogue qu'elle contenait lorsqu'elle arrivait au contact de l'animal. (CROCKFORD *et al.*, 1958 ; ANDERSON, 1961 ; SOWLS et SCHWEINBURG, 1967).

Il faut cependant remarquer que cette technique ne permet pas à l'opérateur de surmonter totalement la difficulté majeure précédemment rencontrée. La dose injectée est en effet à calculer en fonction du poids de l'animal or, celui-ci doit être estimé dans des conditions plus ou moins favorables (distance, couvert, etc.). De plus le point de pénétration de la drogue peut avoir des conséquences physiologiques diverses en fonction de sa libération plus ou moins rapide dans le système circulatoire de l'animal. L'analyse de ces différents facteurs a fait l'objet d'une monographie particulièrement documentée (HARTHOORN, 1965), dans laquelle il est traité aussi bien des recherches pharmacologiques et physiologiques préliminaires sur animaux captifs que des premiers résultats obtenus en nature.

A l'heure actuelle les publications relatives à cette technique de capture se multiplient chez les Mammifères terrestres (HALL, 1953 ; BUECHNER *et al.*, 1960, 1965 ; TALBOT *et al.*, 1961, 1962 ; FLOOK *et al.*, 1962 ; MONTGOMERY, 1962 ; BERGERUD *et al.*, 1964 ; HORNOKER *et al.*, 1965 ; ZUROWSKI et SAKOWICZ, 1965) et chez les Mammifères marins (LING *et al.*, 1963 ; FLYGER *et al.*, 1965 ; JEWELL et SMITH, 1965 ; PETERSON, 1965).

A notre connaissance elle n'a pas encore été appliquée à une étude de mouvements de population mais en raison des moyens d'intervention qu'elle offre cette nouvelle orientation ne saurait tarder à se produire, nous semble-t-il. Il est nécessaire en tout cas que les chercheurs préoccupés de cette question se tiennent au courant des progrès constants qui se réalisent en ce domaine.

2. *Évolution dans les techniques de marquage*

Le marquage n'a de valeur qu'en fonction du (ou des) contrôle (s) ultérieur (s) qu'il permet. Selon les buts des recherches en cours, il est fait appel à différents procédés qui, pour le contrôle, nécessiteront ou non la recapture de l'animal. La diversification des techniques de marquage est extrême. Celle-ci s'explique pour une large part par les impératifs qui se présentent aux chercheurs : taille de l'animal à baguer, biologie et comportement de ce dernier, objectifs à atteindre.

a) *Le contrôle exige une recapture de l'animal.*

Il en est ainsi de la majorité des méthodes qui comportent la pose d'une marque numérotée (ou non) de faible dimension (bagues attachées à l'aile, à la patte, à l'oreille ; colliers ; dossards ; etc.). Pour les petits rongeurs, il est assez fréquemment fait appel à un marquage par amputation d'orteils selon un code particulier. Il faut remarquer que certains auteurs, par cette technique, réussissent à personnaliser les individus par les traces qu'ils laissent (JUSTICE, 1951). La recapture n'est plus, dans ce cas, une obligation majeure.

b) *Le contrôle n'exige pas une recapture de l'animal.*

Comme pour les techniques d'échantillonnage nous distinguerons les contrôles par observation directe des contrôles susceptibles d'être effectués sans que les animaux eux-mêmes soient vus de l'observateur.

1. *Contrôle par observation directe.*

Dans un certain nombre de cas les techniques de marquages décrites précédemment peuvent être une source de renseignements au niveau de la population. Repérer un animal portant un dossard coloré peut, par exemple, permettre d'affirmer que cet animal appartient à telle population. Dans la première méthode la recapture permettait d'identifier l'animal ce qui, présentement, demeure aléatoire car les indications portées sur la marque peuvent ne pas être lisibles à distance. Parmi les procédés conçus pour répondre à ces préoccupations particulières nous nous limiterons

à celles qui font appel à un dépôt de peinture. Elles ont été employées depuis longtemps sur grands mammifères (marquage d'individus dans les réserves) et depuis quelques années semblent devoir l'être avec succès chez certaines espèces d'oiseaux (SEUBERT sur Goélands, STORTENBECKER sur Moineaux, com. pers.).

2. Contrôle par observation indirecte.

Le contrôle indirect d'un animal exige que le marquage qu'il a reçu puisse être détecté à distance. Les techniques répondant à cet impératif sont de conception relativement récentes et reposent sur l'utilisation soit d'éléments marqués soit d'appareils émetteurs-récepteurs.

α) Utilisation d'éléments marqués.

Nous rappellerons pour mémoire les travaux de CARRICK (1956), MILLER (1959), etc, exposés précédemment. Le principe était de pouvoir suivre les individus grâce aux éléments marqués qui se retrouvaient dans les fèces. D'autres auteurs utilisèrent un marquage direct des animaux à l'aide de bagues contenant des éléments marqués. La détection ultérieure de la présence de ces éléments se fait à l'aide d'un compteur Geiger-Müller sans que l'animal ait à être capturé ou même observé. Les recherches ont jusqu'à présent été effectuées essentiellement sur des petits mammifères de mœurs souterraines et dont les déplacements sont relativement limités dans l'espace : GODFREY (1952, 1954), PENDLETON (1956), KAYE (1960, 1961), JOHANNINGSMEIER et GOODNIGHT (1962). PUNT (1957) appliqua cette technique à la surveillance des déplacements chez certaines espèces de Chiroptères tandis que NAULLEAU (1965, 1966, 1967) étudia ainsi les déplacements de la vipère, *Vipera aspis*. Les difficultés majeures liées à l'utilisation d'éléments marqués sont que ceux-ci ont une vie assez brève et que la détection des animaux marqués n'est possible qu'à faible distance.

β) La radiotéléométrie.

Les services rendus par l'emploi d'ensemble émetteur-récepteur se multiplient de jour en jour dans la vie moderne. Leur exploitation en vue de suivre les déplacements des animaux a été envisagée depuis leur apparition mais la réalisation de telles applications demeurait interdite en raison du poids de l'appareillage. La découverte des transistors fut le progrès qui permit de reconsidérer le problème car l'ensemble pile et émetteur pouvait à la fois être allégé et se présenter sous un encombrement réduit. Ainsi, dès 1959, LE MUNYAN *et al.* insistent sur l'intérêt de cette technique. L'évolution notée dans les applications qui en ont été faites se comprend pour une large part par l'importance relative des trois facteurs suivants : encombrement et poids de l'appareillage par rapport à la taille et au poids de l'animal devant le porter, durée de vie des piles et possibilité ou impossibilité de les changer, portée pratique des émissions déterminant la superficie où une réception correcte pouvait être envisagée. Ces contingences expliquent en fait la chronologie des travaux publiés en ce domaine. Nous trouvons initialement des résultats relatifs soit à des mammifères terrestres ou marins de grande taille soit à des animaux de plus petite taille (mammifères ou oiseaux) évoluant sur un territoire restreint et pouvant si nécessaire, être récupérés sans trop de difficultés.

A titre d'illustration nous citerons quelques-unes des publications consultées.

- 1961 ANONYME : Mammifères terrestres, Porc épic.
- 1963 MARSHALL : Porc épic, Gélinotte à fraise.
- MARSHALL *et al.* : Gélinotte à fraise.
- MERRIAN : Marmottes.
- COCHRAN *et al.* : Mammifères et Oiseaux divers.
- CARR : Tortues.
- TESTER *et al.* : Cervidés, Canards, Crapauds.
- VERTS : Skunks.

- 1964 ELLIS : Ratons laveurs.
 KUPA : Cerf de Virginie.
 RAWSON et HARTLINE : *Peromyscus*.
 SANDERSON et SANDERSON : Rat.
 SOUTHERN : Pygargue à tête blanche.
 TESTER *et al.* : Cervidés.
- 1965 BALDWIN : Mammifères marins.
 CARR : Tortues.
 COCHRAN *et al.* : Espèces diverses.
 CRAIGHEAD et CRAIGHEAD : Grizzly.
 DODGE : Castors, Lièvres.
 HOLMES et SANDERSON : Opposum.
 MARSHALL : Gélinotte.
 MECH *et al.* : Lapin, Lièvre, Ratons laveurs.
 PENNEY : Oiseaux divers.
 SOUTHERN : Oiseaux divers.
 STORM : Renard.
- 1966 CEBULA : Poule des prairies.
 EMLÉN et PENNEY : Manchots.
 GRABER et WINDERLE : Merle américain.
 KUCK : Faisan.
- 1967 PENNEY et EMLÉN : Manchots.

Parallèlement à cette évolution liée à la miniaturisation des appareils, il faut noter celle qui s'est manifestée dans les conditions d'exploitation pratique. Les recherches initiales ont été effectuées sur un individu d'une espèce donnée. Ses déplacements étaient suivis par captage direct des émissions. Les résultats obtenus étaient très encourageants mais la méthode se révélait très contraignante. C'est pourquoi rapidement il fut conçu des systèmes complémentaires d'enregistrement automatique des émissions. Les possibilités offertes par l'électronique ont permis simultanément de suivre non plus un seul individu mais plusieurs, chacun d'eux étant identifiable par les caractéristiques de ses émissions (fréquence, rythme, forme du signal, etc.). L'exploitation des premiers résultats a mis en évidence des phénomènes particuliers dont l'interprétation était parfois en contradiction avec, semble-t-il, la réalité éthologique. Des études critiques de la méthode furent entreprises afin d'en préciser les limites de sécurité, limites quelquefois méconnues dans les travaux initiaux d'où ces contradictions apparentes. Parmi celles-ci, nous mentionnerons celles de COCHRAN et LORD, SLATER, SOUTHERN, VERTS en 1963, ADAMS, HAAHN, KO, PIENKOWSKI en 1965 et plus particulièrement encore celle d'HEEZEN et TESTER (1967) relative à la technique de détection par triangulation à partir de récepteurs fixes.

L'évolution dans ce domaine est déjà caractéristique et son développement futur est une certitude. Les possibilités offertes sont très grandes et très diverses. A titre d'exemple nous citerons la publication de FULLAGAR (1967) qui constitue une mise au point des recherches entreprises actuellement en Australie grâce à cette technique et envisage également son développement dans les années à venir. Il faut d'ailleurs remarquer que cette technique nouvelle connaît un essor plus grand encore dans les études physiologiques (respiration, pression sanguine, rythme cardiaque, température de couvain, etc.). Ainsi les revues bibliographiques de GEDDES (1962), ADAMS (1965), BARWICK et FULLAGAR (1967) comprennent respectivement, pour les études physiologiques, 86, 131 et 332 références tandis que pour le pistage des animaux l'ouvrage de BARWICK et FULLAGAR (1967) groupe seulement 99 références.

III. — ÉVOLUTION DANS LA RÉALISATION PRATIQUE DES RECHERCHES ET DANS LES TECHNIQUES D'EXPLOITATION DES RÉSULTATS

Au cours de cette revue bibliographique nous avons traité de l'évolution qui s'est manifestée dans la réalisation pratique des recherches en fonction des progrès techniques. Il nous semble nécessaire maintenant de mettre en évidence qu'une évolution s'est également produite dans la manière de concevoir ces recherches et dans la façon dont le chercheur est conduit à mener ses travaux. Dans un stade initial les recherches individuelles ont fait progressivement place aux recherches d'équipe, plusieurs biologistes travaillant en commun sur un problème donné. Avec la part de plus en plus grande de l'appareillage hautement spécialisé, nécessaire à toute recherche, ces équipes se sont ouvertes pour accueillir des techniciens susceptibles de leur fournir les réponses aux problèmes qui se posaient dans des domaines autres que la biologie. La mise au point de méthodes d'étude de conception entièrement nouvelle (radar, télémétrie) ouvre des possibilités d'investigation inconcevables il y a encore quelques années. Elles entraînent simultanément une évolution supplémentaire. Leur utilisation implique la mobilisation d'un matériel très complexe, très onéreux et la présence de spécialistes avertis. Le biologiste doit travailler en coopération avec eux afin de préciser quels sont les objectifs à atteindre et analyser les documents recueillis. Cette opération représente en fait, bien souvent, un travail qui nécessitera lui aussi un appel à d'autres spécialistes. Une évolution s'est également imposée dans les techniques d'exploitation des résultats. Il n'est plus possible, en effet, de procéder comme cela se faisait du temps où le chercheur travaillait sur des notes prises directement sur le terrain. L'enregistrement et l'automatisme conduisent, nous l'avons vu, à une accumulation extrêmement rapide d'une quantité énorme de renseignements. Analyser ceux-ci selon les procédés classiques ne peut plus se concevoir. Il est nécessaire d'une part de faire un choix et d'autre part, d'analyser de façon rapide et précise les multiples informations conservées.

1. *Faire un choix*

Un enregistreur peut accumuler toutes sortes d'informations dont seules certaines présenteront un intérêt direct pour la recherche qui est entreprise. Il faut donc, avant tout, se rendre parfaitement compte de ce que l'on attend de l'emploi de ce dispositif afin de l'utiliser dans les meilleures conditions. Toute orientation initiale défectueuse conduit à des résultats inexploitable et correspond donc à une perte de temps. En conclusion, cette dépendance relative aux caractéristiques techniques impose une méthodologie précise et adaptée. Il faut à tout prix éviter l'écueil trop fréquent tel qu'il est signalé par SANDERSON (1956) : « Actuellement le chercheur ne sait pas si les données qu'il accumule sont les bonnes. Après avoir déterminé celles-ci, il doit apprendre comment les enregistrer afin de trouver les réponses à ses problèmes. »

2. *Analyse des résultats*

Les documents sont souvent obtenus directement sous une forme codée. Dans d'autres cas (cinématographie) ils sont en nombre tels qu'une exploitation directe n'est pas possible. C'est pourquoi il s'est dessiné dans ce domaine une évolution qui a abouti à la mise au point de divers dispositifs permettant une codification de ces renseignements. Une analyse ultérieure est dès lors possible grâce à l'utilisation de procédés mécanographiques, de cerveaux électroniques, etc., dont les capacités d'analyse dépassent les facultés humaines.

CONCLUSION

Il est particulièrement difficile de tenter une classification de l'importance relative des diverses évolutions notées au cours de ce travail. L'une d'elles, cependant, doit être placée en tête, car elle a conditionné pour une large part le reste : il s'agit de l'évolution qui s'est manifestée dans la conception que les chercheurs se faisaient des populations animales. Les progrès les plus significatifs sont apparus après que les populations aient été considérées comme des unités biologiques et étudiées en tant que telles.

De là provient, en effet, l'évolution des méthodes d'étude employées afin d'obtenir un échantillon représentatif de la population dont les déplacements pourraient, désormais, être suivis avec rigueur. Les progrès techniques ont permis d'agrandir le champ d'investigations en fournissant aux chercheurs des dispositifs particuliers applicables à telle ou telle espèce qui, auparavant, échappait à leur contrôle : espèce souterraine, nocturne, vivant dans des habitats inaccessibles, etc. Les évolutions majeures qui ont porté dans des domaines très divers, comme nous avons tenté de le mettre en évidence, peuvent, pour la majorité, être rapportées à l'une des améliorations ou découvertes suivantes :

- technique d'exploration adaptée : avion, compteur Geiger-Müller, rayonnement infrarouge, etc ;
- technique de fixation de phénomènes fugaces : photographie, cinématographie, enregistrements divers ;
- techniques de télécommande et d'automatisme, méthodologie d'investigation ;
- technique d'exploitation des documents ;
- respect du comportement naturel des animaux.

Il ne faudrait cependant pas en conclure hâtivement que les progrès à venir sont sous la dépendance des progrès techniques qui seront réalisés dans d'autres domaines de la connaissance. En réalité, il se crée de plus en plus une liaison entre ces différents secteurs, une interpénétration même dans de nombreux cas. L'évolution des techniques doit en quelque sorte être considérée comme la manifestation pratique de cette interdépendance de plus en plus étroite qui se développe entre les biologistes et les techniciens des différents secteurs. L'exemple de l'utilisation du radar peut servir d'illustration. Les biologistes trouvent des voies prospectives nouvelles par emploi de cette technique tandis que les spécialistes de l'aéronautique ont, de leur côté, besoin des biologistes pour résoudre quelques-uns des problèmes qui se posent à eux en raison même des progrès techniques accomplis.

Quelle sera l'évolution dans un proche avenir ? Il est difficile de s'en faire une opinion précise ; si, dans certains domaines (immobilisants, radiotélémétrie), le sens de cette évolution apparaît clairement, il n'est pas exclu d'autre part que des techniques de conception entièrement nouvelle bouleversent le cours de cette évolution prévisible à l'heure actuelle.

Reçu pour publication en août 1969.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADAMS L., 1965. Progress in ecological biotelemetry. *Biol. Sci.*, **15**, 83-86.
ADAMS L., 1965. Bibliography. Biotelemetry. *Biol. Sci.*, **15**, 155-157.
ALLEN A. A., 1921. Banding Bats. *J. Mamm.*, **2**, 53-57.
ANONYME, 1939. Foresters brand deer with bow and arrow. *Pop. Sci.*, **135**, 50.

- ANONYME, 1961. Radio rabbits. *Illinois Wildl.*, **16**, 12.
- ANONYME, 1961. Biophysical telemetering system tracks pigeons in 25 mile flight. *Electron. Prod.*, 21 W, 111 W, 113 W.
- ANONYME, 1963. Rat walkie-talkie. *Illinois Wildl.*, **19**, 8.
- ANDERSON C. F., 1961. Anesthetizing deer by arrow. *J. Wildl. Mgmt.*, **25**, 202-203.
- ARNOLD J. F., REYNOLDS H. G., 1943. Droppings of Arizona and Antelope Jack Rabbits and the « pellet census ». *J. Wildl. Mgmt.*, **7**, 322-327.
- ASHMOLE M. J., 1962. The migration of european thrushes : a comparative study based on ringing recoveries. *Ibis*, **104**, 314-346, 522-559.
- BAILEY M. T. J., 1951. On estimating the size of mobile population from capture-recapture data. *Biometrika*, **38**, 293-306.
- BALDWIN H. A., 1965. Marine biotelemetry. *Biol. Sci.*, **15**, 95-97.
- BALSER D. S., 1965. Tranquilizer tabs for capturing wild carnivores. *J. Wildl. Mgmt.*, **29**, 438-442.
- BARWICK R. E., FULLAGAR P. J., 1967. A bibliography of radio telemetry in biological studies. *Proc. ecol. Soc. Aust.*, **2**, 27-49.
- BEAL R. O., 1967. Radiotransmitter-collars for squirrels. *J. Wildl. Mgmt.*, **31**, 373-374.
- BEALE D. M., 1967. A self-collaring device for pronghorn antelope. *J. Wildl. Mgmt.*, **30**, 209-211.
- BENDELL J. F. S., FOWLE C. D., 1950. Some methods for trapping and marking Ruffed Grouse. *J. Wildl. Mgmt.*, **14**, 480-482.
- BENNETT L. J., ENGLISH P. F., RANDAL C. Mc., 1940. A study of deer populations by use of pellet-group counts. *J. Wildl. Mgmt.*, **4**, 398-403.
- BERGERUD A. T. et al., 1964. Immobilization of New-Foundland caribou and mosse with succinylcholine chloride and Cap-Chur equipment. *J. Wildl. Mgmt.*, **28**, 49-53.
- BOHL W. H., 1956. Experiments in locating wild chukar partridges by use of recorded calls. *J. Wildl. Mgmt.*, **20**, 83-85.
- BONNIN-LAFFARGUE M., CANIVENC R., 1961. Étude de l'activité du Blaireau européen (*Meles meles*). *Mammalia*, **25**, 476-484.
- BOURLIÈRE F., 1961. Symposium sur les déplacements saisonniers des animaux. *Revue suisse Zool.*, **68**, 139-143.
- BOURLIÈRE F., 1963. Échantillonnage des populations de grands Mammifères. *Terre Vie*, **2**, 238-244.
- BROOKS A. C., BUSS I. O., 1962. Past and present status of the elephant in Uganda. *J. Wildl. Mgmt.*, **26**, 38-50.
- BROWN L. N., 1961. Excreted dyes used to determine movements of cottontail rabbits. *J. Wildl. Mgmt.*, **25**, 199-202.
- BROWN L. N., CONAWAY C. H., 1961. Dye excretion as a method for determination of small mammal home ranges. *Am. Midl. Nat.*, **66**, 128-137.
- BUECHNER H. K., 1950. Use of the Helicopter in wildlife work. *J. Wildl. Mgmt.*, **14**, 472-473.
- BUECHNER H. K., 1965. Ceremonial mating behavior in Uganda Kob (*Adenota kob thomasi*). NEUMANN *Z. Tierspsychol.* **22**, 209-225.
- BUECHNER H. K., HARTHOORN A. M., LOCK J. A., 1960. Recents advances in field immobilization of large mammals with drugs. *Trans. N. Am. Wildl. Conf.*, **25**, 415-422.
- BURTON J. F., 1956. Report on the national census of heronies 1954. *Bird Study*, **3**, 42-73.
- CARR A., 1963. Orientation problems in the high seas travel and terrestrial movements of marine turtles. In SLATER L. E., ed., *Biotelemetry*, 179-193, Pergamon Press, N. Y.
- CARR A., 1965. The navigation of the green turtle. *Scient. Am.*, **212**, 79-86.
- CARRICK R., 1956. Radioiodine as an indicator of free feeding of the rabbit, *Oryctolagus cuniculus* L. *C. S. I. R. O. Wildl. Res.*, **1**, 106-113.
- CEBULA J. J., 1966. Transistorized Tympanichus. *Kans. Fish Game*, **23**, 3-5.
- CHAPPELLIER A., 1946. Emploi de l'anesthésie pour le baguage des Corbeaux adultes. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, **32**, 419-420.
- CHITTY D., SHORTEN M., 1946. Techniques for the study of the Norway rat (*Rattus norvegicus*). *J. Mamm.*, **27**, 63-78.
- COCHRAN W. W., LORD R. D., 1963. A radiotracking system for wild animals. *J. Wildl. Mgmt.*, **27**, 9-24.
- COCHRAN W. W. et al., 1965. Automatic radio-tracking system for monitoring animal movements. *Biol. Sci.*, **15**, 88-100.
- COCHRAN W. W., MECH L. D., BELLROSE F. C., non daté. A radio-tracking technique for following flying ducks. *Mus. nat. Hist. Univ. Minn. Tech. Rept.*, **8**, 1-8.
- COCHRAN W. W., WARNER D. W., RAVELING D. G., non daté. A radio transmitter for tracking geese and other birds. *Mus. nat. Univ. Minn., Tech. Rept.*, **1**, 1-4.
- COESTER W., OLSON G., SEUBERT J. L., 1960. Miniature radio transmitter development. *S. Dak. Dept. Game Fish Parks*, 1-6.
- CRAIGHEAD F. C., GRAIGHEAD J. J., 1965. Tracking grizzly bears. *Biol. Sci.*, **15**, 88-92.

- CRIDER E. D., DANIEL J. C., 1967. Alpha chloralose used to capture canada geese. *J. Wildl. Mgmt.*, **31**, 258-264.
- CROCKFORD J. A. *et al.*, 1958. An automatic projectile type seringue. *Vet. Med.*, **53**, 115.
- CRUMP W. I., 1961. Aerial marking of antelope for migration and distribution studies. *Proc. a. Conf. w. Ass. S. Game Fish Commrs.*, **41**, 93-98.
- CUMMINGS G. E., 1964. Capturing waterfowl and marsh birds at night with light and sound. *J. Wildl. Mgmt.*, **28**, 120-126.
- DAVIS D. E., EMLEN J. T., STOKES A. W., 1948. Studies on home range in the brown rat. *J. Mamm.*, **92**, 207-225.
- DILL H. H., THORNSBERRY W. H., 1950. A cannon-projected net trap capturing waterfowl. *J. Wildl. Mgmt.*, **14**, 132-137.
- DODGE W. E., CHURCH M. B., 1965. Construction of transmitters for radio-tracking hares and mountain beavers. *NW. Sci.*, **39**, 118-122.
- DORST J., 1963. Les techniques d'échantillonnage dans l'étude des populations d'Oiseaux. *Terre Vie*, **2**, 180-202.
- DOW W., 1960. A telemetering hydrophone. *Deep Sea Res.*, **7**, 142-147.
- DREUX Ph., 1963. Évaluation de l'effectif d'une population par la méthode des marquages et recaptures. *Terre Vie*, **7**, 142-147.
- DRINNAN R. E., RIDPATH M. G., 1957. Counting flocks of roosting birds by photography. *Bird Study*, **4**, 149-159.
- DROST F., 1949. Migrant birds sensing ultra shortwaves. *Vogelwarte*, **15**, 57-59.
- DRURY W. H., NISBET I. C. T., RICHARDSON R. E., 1961. The migration of angels. *J. Am. Mus. nat. Hist.*, **70**, 11-17.
- DRURY W. H., KEITH J. A., 1962. Radar studies of song bird migration in coastal New England. *Ibis*, **104**, 449-489.
- DRURY W. H., NISBET I. C. T., 1964. Radar of orientation of songbird migrants in southeastern New England. *Bird-Banding*, **35**, 69-119.
- EALEY E. H. M., DUNNET G. M., 1956. Plastic collars with patterns of reflective tape for marking nocturnal mammals. *C. S. I. R. O., Wildl. Res.*, **1**, 59-62.
- EASTWOOD E., 1967. *Radar Ornithology*. Bungay ed., The Cancer Press, Suffolk, 278 p.
- EASTWOOD E., ISTD G. A., RIDER G. C., 1962. Radar ring angels and the roosting behaviour of Starlings. *Proc. r. Soc. B.*, **156**, 242.
- EASTWOOD E., RIDER G. C., 1965. Some radar measurements of the altitude of bird flight. *Brit. Birds*, **58**, 393-426.
- EASTWOOD E., RIDER G. C., 1966. The grouping of nocturnal migrants. *Nature*, **211**, 1143-1146.
- EDWARDS R. Y., RITCEY R. W., 1956. The migrations of a mosse herd. *J. Mamm.*, **37**, 486-494.
- EKLUND C. E., ATWOOD E. L., 1962. A population study of antarctic seals. *J. Mamm.*, **43**, 229-238.
- ELLIS R. J., 1964. Tracking racoons by radio. *J. Wildl. Mgmt.*, **28**, 363-368.
- EMLEN H. T. *et al.*, 1957. Dropping boards for population studies of small mammals. *J. Wildl. Mgmt.*, **21**, 300-314.
- EMLEN J. T., PENNEY R. L., 1966. The navigation of penguins. *Scient. Am.*, **215**, 104-113.
- EVANS Ch. D., TROYER W. A., LENSINK C. J., 1966. Aerial census of mosse by quadrat sampling units. *J. Wildl. Mgmt.*, **30**, 767-776.
- EVANS F. C., 1942. Studies on small mammal population in Bagleywood, Berkshire. *J. Anim. Ecol.*, **11**, 182-187.
- EVANS P. R., 1966. An approach to the analysis of visible migration and a comparison with radar observations. *Ardea*, **54**, 14-44.
- FISHER W. L., 1942. Live trapping Texas antelopes. *J. Wildl. Mgmt.*, **6**, 231-236.
- FLOOK D. R. *et al.*, 1962. Succinylcholine chloride for immobilization of north American elk. *J. Wildl. Mgmt.*, **26**, 334-336.
- FLYGER V. F., 1959. A comparaison of methods for estimating squirrel populations. *J. Wildl. Mgmt.*, **23**, 220-223.
- FLYGER V. *et al.*, 1965. Effects of three immobilizing drugs on Wedell seals. *J. Mamm.*, **46**, 345-347.
- FLYGER V., TOWNSEND M. R., 1968. The migration of polar bears. *Scient. Am.*, **218**, 108.
- FORMOZOV A. N., 1946. Le rôle de la couche de neige dans la vie des Mammifères et des Oiseaux (en russe). *Données sur la faune et la flore de l'U. R. S. S.*, nouvelle série, Section zoologie, **5**, 1-141.
- FRILEY C. E., 1955. Criteria for estimating fall fox squirrel populations. *J. Wildl. Mgmt.*, **19**, 89-93.
- FULLAGAR P. J., 1967. The use of radiotelemetry in australian biological research. *Proc. ecol. Soc. Aust.*, **2**, 16-26.
- FULLER W. A., 1950. Aerial census of northern Bison in wood Buffalo Park and vicinity. *J. Wildl. Mgmt.*, **14**, 445-451.
- GEDDES L. A., 1962. A bibliography of biological telemetry. *Am. J. Med. Electron.*, **1**, 294-298.

- GEHRING W., 1963. Radar- und Feldbeobachtungen über den Verlauf des Vogelzuges in Schweizerischen Mittelland : Der Tagzug im Herbst (1957-1961). *Orn. Beob.*, **60**, 35-68.
- GETZ L. L., 1961. Home range, territoriality and movement of the meadow vole. *J. Mamm.*, **42**, 24-36.
- GIBAN J., 1950. Recherches sur l'action du chloralose ou gluchloral chez les Oiseaux. *Ann. Épiphyties*, **1**, 337.
- GIBAN J., L'HÉRITIER M., GROLLEAU G., 1966. Action du gluchloral, ou chloralose, sur quelques Oiseaux-Gibier. *Ann. Épiphyties*, **17**, 509-523.
- GIFFORD P., GRIFFIN D. R., 1960. Notes on homing and migratory behavior of Bats. *Ecology*, **41**, 378-381.
- GODFREY G. K., 1954. Tracing field voles (*Microtus agrestis*) with a Geiger-Müller counter. *Ecology*, **35**, 5-10.
- GODFREY G. K., 1954. Use of radioactive isotopes in small mammal ecology. *Nature*, **174**, 951-952.
- GODFREY G. K., 1955. A field study of the activity of the mole (*Talpa europaea*). *Ecology*, **36**, 678-685.
- GOETHE F., 1961. A survey of moulting Shelduck on Kneschsand. *Brit. Birds*, **54**, 106-115.
- GOETS R. H., BUDTZ-OLSEN O., 1955. The circulation of the giraffe. *S. Afr. Med. J.*, **29**, 773-776.
- GRABER R. R., COCHRAN W. W., 1959. An audio-technique for the study of nocturnal migration of birds. *Wilson Bull.*, **71**, 220-236.
- GRABER R. R., GRABER J. W., 1960. Evaluation of an aural record of nocturnal migration. *Wilson Bull.*, **72**, 253-273.
- GRABER R. R., HASSLER S. S., 1962. The effectiveness of aircraft-type (APS) radar in detecting birds. *Wilson Bull.*, **74**, 367-380.
- GRABER R. R., WUNDERLE S. L., 1966. Telemetric observations of a Robin (*Turdus migratorius*). *Auk*, **83**, 674-677.
- GREEN H., 1963. New technique for using the Cap-Chur gun. *J. Wildl. Mgmt.*, **27**, 292-297.
- GREENLAW J. S., SWINEBROAD J., 1967. A method for constructing and erecting aerial-nets in a forest. *Bird Banding*, **38**, 114-119.
- GRIFFIN D. R., 1952. Radioactive tagging of animals under natural conditions. *Ecology*, **33**, 329-335.
- GRZIMEK M., GRZIMEK B., 1960. Census of plain animals in the Serengeti National Park Tanganyika. *J. Wildl. Mgmt.*, **24**, 27-37.
- HAAHN F., 1965. Designing for physiological data. *Biol. Sci.*, **15**, 112-115.
- HALL T. C. *et al.*, 1953. A preliminary report on the use of Flaxedil to produce paralysis in the white tailed deer. *J. Wildl. Mgmt.*, **17**, 516-520.
- HANSEN Ch. G., 1964. A dye spraying device for marking desert bighorn sheep. *J. Wildl. Mgmt.*, **78**, 584-587.
- HARDY A. C., 1938. Estimating numbers without counting. *Nature*, **142**, 255-256.
- HARTHOORN A. M., 1965. Application of pharmacological and physiological principles in restraint of wild animals. *Wildl. Monogr.*, **14**, 78 p.o.
- HASSLER S. S., GRABER R. R., BELLROSE F. C., 1963. Fall migration and weather, a radar study *Wilson Bull.*, **75**, 56-77.
- HAYES F. A. *et al.*, 1959. The propulsive-administration of nicotine as a new approach for capturing and restraining cattle. *J. Am. vet. med. Assoc.*, **134**, 283-286.
- HEEZEN K. L., TESTER J. R., 1967. Evaluation of radio tracking by triangulation with special reference to deer movements. *J. Wildl. Mgmt.*, **31**, 124-141.
- HEIDT G. A. *et al.*, 1967. Magnetic detection of small mammal activity. *J. Mamm.*, **48**, 330-331.
- HENDRICKSON G. O., 1936. Summer studies on the cottontail rabbit (*Sylvaticus floridanus mearnsi* Allen). *Iowa St. Col. J. Sci.*, **10**, 367-371.
- HENDRICKSON G. O., 1939. Inventory methods for Mearn's Cotton-tail. *Trans. N. Am. Wildl. Conf.*, **4**, 209-215.
- HEWITT O. H., AUSTIN-SMITH P. J., 1966. A simple wing tag for field-marking birds. *J. Wildl. Mgmt.*, **30**, 625-627.
- HEWSON R., 1961. Collars for marking mountain hares. *J. Wildl. Mgmt.*, **25**, 329-331.
- HEYLAND J. D., MUNRO W. T., 1967. The use of Helicopters in hunting waterfowl nests. *J. Wildl. Mgmt.*, **31**, 200-201.
- HOFFMANN L., PENOT J., 1955. Premier recensement des Canards hivernant en Camargue. *Terre Vie* **315-320**.
- HOLMES A. C., SANDERSON G. C., 1965. Populations and movements of opossums in east-central Illinois. *J. Wildl. Mgmt.*, **29**, 287-295.
- HORNOCKER M. G., CRAIGNEAD J. J., PFEIFFER E. W., 1965. Immobilizing mountain lions with succinylcholine chloride and pentobarbital sodium. *J. Wildl. Mgmt.*, **29**, 880-883.
- HOUGHTON E. W., 1964. Detection, recognition and identification of birds on radar. *Eleventh Weather Radar Conf.*, 1-14.
- JACKSON H. H. T., 1926. Catching bats with gill nets. *J. Mamm.*, **7**, 231.
- JEWELL P. A., SMITH E. A., 1965. Immobilisation of grey seals. *J. Wildl. Mgmt.*, **29**, 316-318.

- JOHANNINGSMEIER A. G., GOODNIGHT C. J., 1962. Use of Iodine 131 to measure movements of small animals. *Science*, **138**, 147-148.
- JOHNS J. E., 1963. A new method of capture utilising the mist nest. *Bird Banding*, **34**, 209.
- JUSTICE K. E., 1961. A new method for measuring home ranges of small mammals. *J. Mamm.*, **42**, 462-470.
- KALMBACH E. R., 1949. A scanning device useful in wildlife work. *J. Wildl. Mgmt.*, **13**, 226-227.
- KAPLANOV L. G., 1948 (en russe). *Le Tigre, le Cerf, l'Élan*. Soc. des Naturalistes de Moscou, éd.
- KAYE S. V., 1960. Gold 198 wires used to study movements of small mammals. *Science*, **131**, 824-825.
- KAYE S. V., 1961. Movements of harvest mice tagged with gold 197. *J. Mamm.*, **42**, 323-337.
- KELSALL J. P., 1955. Parrend-ground caribou movements in the Canadian Arctic. *Trans. N. Am. Wildl. Conf.*, **20**, 551-559.
- KENDEIGH S. C., 1944. Measurements of bird populations. *Ecol. Monogr.*, **14**, 67-106.
- KINDEL F., 1960. Use of dyes to mark ruminant feces. *J. Wildl. Mgmt.*, **24**, 429.
- KINGHORN R. G., 1939. Determination of winter waterfowl population trends in Colorado by aerial survey. *Transactions of the Fourteenth North American Wildlife Conference.*, 68-74.
- KLOMP H., 1956. The altitude of chaffinch migration. *Ardea*, **44**, 235-239.
- KNOWLTON F. F., MICHAEL E. D., GLAZENER W. C., 1964. A marking technique for field recognition of individual turkeys and deer. *J. Wildl. Mgmt.*, **28**, 167-170.
- KOW H., 1965. Progress in miniaturized biotelemetry. *Biol. Sci.*, **15**, 118-120.
- KUCK T. L., 1966. An improved battery hookup for radiotelemetry studies. *J. Wildl. Mgmt.*, **30**, 858-859.
- KUPA J. J., 1964. An investigation of the motile and action responses of free ranging white-tailed deer using radio telemetry technique. *Univ. Rhode Is., Progress report*, n° 1.
- LACHER J. R., LACHER D. D., 1964. A mobile cannon net trap. *J. Wildl. Mgmt.*, **28**, 595-597.
- LACK D., 1958. Migrational drift of birds plotted by radar. *Nature*, **182**, 221-223.
- LACK D., 1959. Migration across the North Sea studied by radar. Part. 1. Survey through the year *Ibis*, **101**, 209-234.
- LACK D., 1960. Part. 2. The spring departure 1956-1959. *Ibis*, **104**, 75-85.
- LACK D., 1963. Part. 3. Movements in June and July. *Ibis*, **104**, 74-85.
- LACK D., 1963. Part. 4. Autumn. *Ibis*, **105**, 1-54.
- LACK D., 1959. Watching migration by radar. *Brit. Birds*, **52**, 258-267.
- LACK D., 1959. Migration across the sea. *Ibis*, **101**, 374-399.
- LACK D., 1962. Radar evidence on migratory orientation. *Brit. Birds*, **55**, 139-158.
- LACK D., EASTWOOD E., 1962. Radar films of migration over eastern England. *Brit. Birds*, **55**, 388-414.
- LAUWRENCE W. H., SHERMAN Ch. A., 1963. An electronic traffic counter for recording barrow activity of the mountain beaver. *J. Mamm.*, **44**, 399-405.
- LEE S. L. B., 1963. Migration in the Outer Hebrides studied by radar. *Ibis*, **106**, 7-51.
- LEEDY D. L., 1948. Aerial photographs, their interpretation and suggested uses in wildlife management. *J. Wildl. Mgmt.*, **12**, 191-210.
- LE MUNYAN C. D. et al., 1959. Design a miniature radio transmitter for use in animal studies. *J. Wildl. Mgmt.*, **23**, 107-110.
- LEVY S. H., LEVY J. J., BISHOP R. A., 1966. Use of tape recorded female quail calls during the breeding season. *J. Wildl. Mgmt.*, **30**, 426-428.
- LING J. K., NICHOLLS D. G., 1963. Immobilization of elephant seals using succinylcholine chloride. *Nature*, **200**, 1021-1022.
- LINHART S. B., KENNELLY J. J., 1967. Fluorescent bone labeling of coyotes with dimethylchlortetracycline. *J. Wildl. Mgmt.*, **31**, 317-321.
- LOFFIN J., OLSON S., 1960. Use of decoys in netting shore-birds. *Bird Banding*, **387**, 89-90.
- LULICH D. A., MAC, 1951. A new technique of animal census, with examples. *J. Mamm.*, **32**, 318-328.
- LOWERY G. H., NEWMAN R. J., 1955. Direct studies of nocturnal bird migration. In *Recent Studies in Avian Biology*. A. Wolfson ed., Univ. III. Press, Urbana, 238-263.
- LYMAN S. H., 1926. Collecting bats with a net. *J. Mamm.*, **7**, 230.
- MARLOW B. J., 1956. Chlorhydrate narcosis for the live capture of mammals. *C. S. I. R. O., Wildl. Res.*, **1**, 63-65.
- MARSHALL W. H., 1946. Cover preferences, seasonal movements and food habits of Richardson's grouse and ruffed grouse in southern Idaho. *Wilson Bull.*, **58**, 42-52.
- MARSHALL W. H., 1963. Radiotracking of porcupines and ruffed grouse. In SLATER E. L., ed., *Biotelemetry*, Pergamon Press, N. Y.
- MARSHALL W. H., 1965. Ruffed grouse behavior. *Biol. Sci.*, **15**, 92-94.
- MARSHALL W. H. et al., 1960. Development and use of short wave radio transmitters to trace animal movements. *Progr. Rept., Univ. Minn.*, 1-27.

- MARSHALL W. H. *et al.*, 1962. Development and use of short wave radio transmitters to trace animal movements. Aug. 1960-Feb. 1962, *Progr. Rept., Univ. Minn.*, 1-18.
- MARSHALL W. H. *et al.*, 1962. Early summer activities of porcupines as determined by radio-positioning technique. *J. Wildl. Mgmt.*, **26**, 75-79.
- MARSHALL W. H. *et al.*, 1963. Studies of movements, behaviour and activities of ruffed grouse using radio telemetry techniques. *Progr. Rep., Univ. Minn.*, 1-30.
- MARSHALL W. H., KUPA J. J., 1963. Development of radiotelemetry techniques for ruffed grouse studies *Trans. N. Am. Wild. nat. Ressources Conf.*, **28**, 443-456.
- MECH L. D. *et al.* A collar for attaching radio transmitters to Rabbits, Hares and Racoons. *J. Wildl. Mgmt.*, **29**, 898-901.
- MERRIAM H. G., 1963. Low frequency telemetric monitoring of woodchuck movements. In SLATER L. E., ed., *Biotelemetry*, 155-171, Pergamon Press., N. Y.
- MICHAEL E. D., 1965. Movements of white tailed deer on the welder wildlife refuge. *J. Wildl. Mgmt.*, **29**, 44-52.
- MILLER D. R., ROBERTSON J. D., 1967. Resultat of tagging Caribou at little duck lake, Manitoba. *J. Wildl. Mgmt.*, **31**, 150-159.
- MILLER L. S., 1957. Tracing vole movements by radioactive excretory products. *Ecology*, **38**, 132-136.
- MILNE A., 1959. Weather, enemies and natural control of Insect populations. *J. Econ. Ent.*, **52**, 532-533.
- MIRTCHELL J. L., 1961. Mink movements and populations on a Montana river. *J. Wildl. Mgmt.*, **25**, 48-54.
- MOLLISON B. C., 1957. A live trap for birds. *C. S. I. R. O., Wildl. Res.*, **2**, 217-174.
- MONTGOMERY G. G., 1961. A modification of the nicotine dart capture method. *J. Wildl. Mgmt.*, **25**, 101, 102.
- MOREL G., BOURLIÈRE F., 1962. Relations écologiques des avifaunes sédentaires et migratrices dans une savane sahélienne du Bas-Sénégal. *Terre Vie*, 381-393.
- MOSBY H. S., 1963. *Wildlife Investigational techniques*, 2nd ed. The Wildlife Society, Washington, D. C. 419 pp.
- MURIE A., 1936. Following fox trails. *Univ. of Michigan Mus. Zool., Misc. Publ.*, **32**, 45 p.
- MURTA P. A., 1967. Air photo surveillance of hungarian partridge habitat change. *J. Wildl. Mgmt.*, **31**, 366-369.
- MURTON R. K., 1962. Narcotics v. wood-pigeons. *Agriculture*, **69**, 336-339.
- NAULLEAU G., 1965. Nouvelle méthode de marquage des serpents. *Vie et milieu*, **16**, 2-C, 1151-1158.
- NAULLEAU G., 1966. Étude complémentaire de l'activité de *Vipera aspis* dans la nature. *Vie et milieu*, **17**, 1-C, 461-509.
- NAULLEAU G., 1967. Étude préliminaire de l'activité de *Vipera aspis* dans la nature (Session d'Étude de l'U. I. S. B. de Marseille, 1965), In *Distribution temporelle des activités animales et humaines*, Masson, éd., Paris, 147-154.
- NAUMOV N. P., 1960. Marking mammals in the U. R. S. S. *Symp. Theriol. Brno, Cesrol., Akad. Ved*, 221-232.
- NAUMOV N. P., 1963. *Écologie des Animaux* (en russe). Moscou, 618 p.
- NEW J. G., 1958. Dyes for studying the movements of small mammals. *J. Mamm.*, **39**, 416-429.
- NEW J. G., 1959. Additionnal use of dyes for studying the movements of small mammals. *J. Wildl. Mgmt.*, **23**, 348-351.
- NISBET I. C. T., 1963. Quantitative study of migration with 23-centimeter radar. *Ibis*, **105**, 435-460.
- NISBETT I. C. T., 1963. Measurements with radar of the height of nocturnal migration over Cape Cod, Massachusetts. *Bird-Banding*, **34**, 57-67.
- NISBET I. C. T., DRURY W. H., 1967. Orientation of spring migrants studied by radar. *Bird Banding*, **38**, 173-186.
- NOVIKOV G. A., 1959. *Écologie des Mammifères et des Oiseaux dans les chénaies de la steppe boisée* (en russe). Leningrad, 352 p.
- NOVIKOV G. A., 1962. The use of traking method in the study of Mammalian ecology (en russe). *Symp. Theriol. Brno, Cesrol., Akad. Ved.*, 233-240.
- OSTERBERG D. M., 1962. Activity of small mammals as recorded by a photographic device. *J. Mamm.*, **43**, 219-229.
- PEARSON O. P., 1960. Habits of *Microtus californicus* revealed by automatic photographic records. *Ecol. Monogr.*, **30**, 231-249.
- PEEK J. M., 1966. Chlordiazepoxide and pentobarbital as tranquilizers for cowbirds and cortunix quail. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, **149**, 950-952.
- PENDLETON R. C., 1956. Uses of marking animals in ecological studies : labeling animals with radio-isotopes. *Ecology*, **37**, 686-689.
- PENNEY R. L., 1965. Some practical aspects of penguin navigation-orientation studies. *Biol. Sci.*, **15**, 268-270.

- PENNEY R. L., SLADEN W. J. L., 1966. The use of teflon for banding penguins. *J. Wildl. Mgmt.*, **30**, 847-850.
- PENNEY R. L., EMLÉN J. T., 1967. Further experiments on distance navigation in the Adelie Penguin, *Pygoscelis adeliae*. *Ibis*, **109**, 99-109.
- PETERSON R. S., 1965. Drugs for handling fur seals. *J. Wildl. Mgmt.*, **29**, 688-693.
- PETRIDES G. A., 1954. Applying principles of naval air craft recognition to wildlife study. *J. Wildl. Mgmt.*, **8**, 258-259.
- PFEFFER P., 1963. Premières estimations sur le statut et la structure des populations de mouflon (*Ovis musimon* PALLAS) dans la réserve nationale de Bavella (Corse). *Terre Vie*, 129-139.
- PIENKOWSKI E. C., 1965. Predicting transmitter range and life. *Biol. Sci.*, **15**, 115-118.
- PROGULSKE D. R., 1957. A collar for identification of big game. *J. Wildl. Mgmt.*, **21**, 251-252.
- PUNT A., van NIEUWENHOFEN P. J., 1957. The use of radioactive bands in racing hibernating bats. *Experientia*, **13**, 51-54.
- RAKOV N. V., 1957. Experiment on the aerovisual census of large mammals in central Kazakhistan. *Zool. Zhur.*, **36**, 1403-1411.
- RAVELING D. G., 1966. Factors affecting age ratios of samples of Canada geese caught with cannon-nets. *J. Wildl. Mgmt.*, **30**, 682-691.
- RAWSON K. S., HARTLINE P. H., 1964. Telemetry of homing behaviour by the deer mouse, *Peromyscus*. *Science*, **146**, 1596-1597.
- REED P. C., 1953. Danger of leg mutilation from the use of metal color bands. *Bird Banding*, **24**, 65-67.
- RICHARD G., 1967. Les migrations et les déplacements des populations animales. *Ann. Épiphyties*, **18**, 95-101.
- RICHTER W. C., 1955. A technique for night identification of animals. *J. Wildl. Mgmt.*, **19**, 159-160.
- RIDPATH M. G. et al., 1961. Experiments on the value of stupefying and lethal substances in the control of harmful birds. *Annals. Appl. Biol.*, **49**, 77-101.
- ROBEL R. J., 1960. Determining elk movements through periodic aerial counts. *J. Wildl. Mgmt.*, **21**, 103-104.
- ROBERTSON J. D., 1961. Caribou tagging. *Beaver Mag.*, **292**, 24-27.
- ROMANOV A. N., 1956. Automatic tagging of wild animals and prospects for its use. *Zool. J. U. S. S. R. Acad. Sci., Moscow*, **35**, 1902-1905.
- SANDERSON G. C., 1966. The study of mammal movements : a review. *J. Wildl. Mgmt.*, **30**, 215-235.
- SANDERSON G. C., SANDERSON B. C., 1964. Radiotracking rats in Malaya : a preliminary study. *J. Wildl. Mgmt.*, **28**, 752-768.
- SAPIN-JALOUSTRE J., CENDRON J., 1953. Une technique de dénombrement et d'étude d'une rookerie de Manchots d'Adélie par la photographie systématique. *Terre Vie*, 1-25.
- SAUGSTAD S., 1942. Aerial census of big game in North Dakota. *N. Am. Wildl. Conf. Trans.*, **7**, 343-356.
- SAUNDERS J. K., 1963. Movements and activities of the lynx in New Foundland. *J. Wildl. Mgmt.*, **27**, 390-400.
- SCHAEFER G. W., 1967. Bird recognition by radar. Communication présentée au Symposium « The Problems of Birds as Pests ». Londres (sous presse).
- SCHALLER G. B., 1963. *The mountain gorilla : ecology and behavior*. The University of Chicago Press, 431 p.
- SCHMIDT-KOENIG K., 1963. The problems of distant-tracking in experiments in bird orientation. In : SLATER L. E., ed., *Biotelemetry*, 119-124, Pergamon Press, N. Y.
- SCOTT T. G., 1943. Some food coactions of the Northern Plains red fox. *Ecol. Monogr.*, **13**, 427-479.
- SEUBERT J. L., 1948. *A technique for nocturnal studies of birds and mammals, by the use of infra-red projection and electronic reception*. Thesis, Ohio State Univ.
- SHERWOOD G. A., 1965. Recent modifications in banding equipment for Canada geese. *J. Wildl. Mgmt.*, **29**, 640-643.
- SILVY N. J., ROBEL R. J., 1967. Recording used to help trap booming greater prairie chickens. *J. Wildl. Mgmt.*, **31**, 370-373.
- SIMKIN D. W., 1963. Tagging moose by helicopter. *J. Wildl. Mgmt.*, **28**, 136-139.
- SIMMONS N. M., PHILLIPS J. L., 1967. Modifications of a dye spraying device for marking desert bighorn sheep. *J. Wildl. Mgmt.*, **30**, 208-209.
- SINIFF D. B., SKOOG R. O., 1964. Aerial censuring of caribou using stratified random sampling. *J. Wildl. Mgmt.*, **28**, 391-401.
- SINIFF D. B., TESTER J. R., 1965. Computer analysis of animal-movement data obtained by telemetry. *Biol. Sci.*, **15**, 104-108.
- SLAGLE A. K., 1965. Designing systems for the field. *Biol. Sci.*, **15**, 109-112.
- SLATER L. E., 1963. *Biotelemetry : the use of telemetry in animal behavior and physiology in relation to ecological problems*. Pergamon Press, N. Y., 273 p.
- SMITH N. G., 1967. Capturing seabirds with avertin. *J. Wildl. Mgmt.*, **31**, 479-483.
- SOUTHERN W. E., 1959. Homing of purple Martins. *Wilson Bull.*, **71**, 254-261.

- SOUTHERN W. E., 1963. Equipment and techniques for using radiotelemetry in wildlife studies. *Dept. Biol. Sci. Ill. Univ., Rpt.* **3**, 18 p.
- SOUTHERN W. E., 1964. Additional observations of winter bald eagle populations : including remarks on biotelemetry techniques and immature plumages. *Wilson Bull.*, **76**, 121-137.
- SOUTHERN W. E., 1965. Avian navigation. *Biol. Sci.*, **15**, 87-88.
- SOUTHERN W. E., 1965. Biotelemetry : a new technique for wildlife research. *Living bird.*, **4**, 45-58.
- SOUTHERN H. N., WATSON J., CHITTY D., 1946. Watching nocturnal animals by infra-red radiations. *J. Anim. Ecol.*, **15**, 198-202.
- SOUTHWOOD T. R. E., 1962. Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. *Biol. Rec.*, **37**, 171-214.
- SOWLS L. K., MINNAMON P. S., 1963. Glass beads for marking home range of mammals. *J. Wildl. Mgmt.*, **27**, 299-302.
- SOWLS L. K., SCHWEINBURG R. E., 1967. An improved propulsion system for short-range projection of immobilization darts. *J. Wildl. Mgmt.*, **30**, 345-346.
- SPINNER G. P., 1946. Improved method for estimating numbers of waterfowl. *J. Wildl. Mgmt.*, **10**, 365
- SPITZ F., 1963. Échantillonnage des populations de petits Mammifères. *Terre Vie*, 203-237.
- SPRINGER L. M., 1950. Aerial census of interstate antelope herds of California, Idaho, Nevada, and Oregon. *J. Wildl. Mgmt.*, **14**, 295-298.
- STAMM D. D., DAVIS D. E., ROBBINS C. S., 1960. A method of studying wild bird populations by mistnetting and banding. *Bird Banding*, **31**, 115-130.
- STICHEL L. F., 1954. A comparison of certain methods of measuring ranges of small mammals. *J. Mamm.*, **35**, 1-15.
- STIRLING I., BENDELL J. F., 1966. Census of blue grouse with recorded calls of a female. *J. Wildl. Mgmt.*, **30**, 184-187.
- STORM G. L., 1965. Movements and activities of foxes as determined by radiotracking. *J. Wildl. Mgmt.* **29**, 1-13.
- SUTTER E., 1957. Radar als Hilfsmittel der Vogelzugforschung. *Orn. Beob.*, **54**, 70-96.
- SUTTER E., 1957. Radar-Beobachtungen über den Verlauf des nächtlichen Vogelzuges. *Revue Suisse Zool.*, **64**, 294-303.
- SUTTER E., 1961. Einflüsse des Wetters auf die nächtliche Orientierung wandernder Vögel nach Beobachtungen am Radarschirm. *Sonderbücherei der Funkortung, Diskussionstagung in Essen vom 4-8 jan. 1960*, **1**, 1-14.
- SWANK W. G., GLOVER F. A., 1948. Beaver censuring by airplane. *J. Wildl. Mgmt.*, **12**, 214.
- SWINEBROAD J., 1964. Net-shyness and Wood Thrush populations. *Bird-Banding*, **35**, 196-202.
- TAAPKEN J., MOOIJMAN J. G., 1961. Catching birds with artificial light. *The Ring*, **26**, 5-9.
- TALBOT L. M., LAMPREY H. F., 1961. Immobilization of free ranging East African ungulates with succinylcholine chloride. *J. Wildl. Mgmt.*, **25**, 303-310.
- TALBOT L. M., TALBOT M. H., 1962. Flaxedil and other drugs in field immobilization and translocation of large mammals in East Africa. *J. Mamm.*, **43**, 76-88.
- TAYLOR W. P., 1930. Method of determining Rodent pressure on the range. *Ecology*, **11**, 523-542.
- TAYLOR W. P., 1947. Some new techniques-hoofed mammals. *Trans. N. Amer. Wildl. Conf.*, **12**, 293-234.
- TEDD J. G., LACK D., 1958. The detection of bird migration by high-power radar. *Proc. Roy. Soc. B.*, **149**, 503-510.
- TESTER J. R., 1963. Radiotracking of ducks, deer and toads. *Tech. Rep. n° 6, Mus. Nat. History. Univ. Minn.*, 9 p.
- TESTER J. R., HEEZEN K. L., 1965. Deer response to a drive census determined by radio-tracking. *Biol. Sci.*, **15**, 100-104.
- TESTER J. R., SNIFF D. B., 1965. Aspects of animals movements and home range data obtained by telemetry. *Trans. 13 th N. Amer. Wildl. and Natl. Resources. Conf.*, 379-392.
- TESTER J. R., WARNER SD. W., COCHRAN W. W., 1964. A radio-tracking system for studying movements of deer. *J. Wildl. Mgmt.*, **28**, 42-45.
- THOMPSON M. C., DE LONG R. L., 1967. The use of cannon and rocket-projected nets for trapping shorebirds. *Bird Banding*, **38**, 214-218.
- TORDOFF H. B., 1954. An automatic live trap for raptorial birds. *J. Wildl. Mgmt.*, **18**, 281-284.
- TWIGG G. I., MILLER H., 1963. The use of calcium 45 as an agent for labeling rat populations. *J. Mamm.*, **44**, 335-337.
- TYNDALE-BISCOE C. H., 1953. A method of marking Rabbits for field studies. *J. Wildl. Mgmt.*, **17**, 42-45.
- VAN TESTS G. F., 1966. A photographic method of estimating densities of bird flocks in flight. *C. S. I. R. O., Wildl. Res.*, **11**, 103-110.
- VAN TYNE J., 1933. The trammel net as a means of collecting bats. *J. Mamm.*, **14**, 145-146.
- VERME L. J., 1962. An automatic tagging device for deer. *J. Wildl. Mgmt.*, **26**, 387-392.

- VERTS B. J., 1963. Equipment and technique for radio-tracking striped skunks. *J. Wildl. Mgmt.*, **27**, 325-339.
- VOISY W. P., KALBFLEISCH W., 1962. A mechanical treadle for the study of small animal traffic in the field or laboratory. *J. Mamm.*, **43**, 281-282.
- VORHIES Ch. T., TAYLOR W. P., 1933. The life histories and ecology of jack rabbits, *Lepus alleni* and *L. californicus*, sp. in relation to grazing in Arizona. *Univ. Arizona Tech. Bul.*, **49**, 472-587.
- WARD D., BOWERS T., BOWERS G. L., 1948. A method for trapping male ruffed grouse. *J. Wildl. Mgmt.*, **12**, 330-331.
- WARNER D. W., 1963. Fundamental problems in the use of telemetry in ecological studies. In : SLATER L. E., ed. *Biotelemetry*, 15-24, Pergamon Press, N. Y.
- WILCOCK J., 1965. Detection by radar autumn migration in eastern Scotland. *Ibis*, **107**, 316-325.
- WILLIAMS L. E., 1966. Capturing wild turkeys with alpha chloralose. *J. Wildl. Mgmt.*, **30**, 50-56.
- WILSON S. J., LANE S. G., Mc JEAN J. L., 1965. The use of mist nets in Australia. *C. S. I. R. O., Wildl. Res. Tech. Pap.*, n° **8**, 26 p.
- YAPP W. B., 1956. The theory of line transects. *Bird Study*, **3**, 93-104.
- YOUNG J. W., 1946. Lifesaving arrows. *Natural History*, **60**, 424-425.
- ZAPHIRO D. R. O., TALBOT L. M., 1961. The use of light aircraft in East african wildlife research and game management. *Oryx*, **6**, 190-199.
- ZIPPIN V., 1956. An evaluation of the removal method of estimating animal populations. *Biometrics*, **12**, 163-189.
- ZUROWSKI W., SAKOWICZ M., 1965. Effects of succinylcholine chloride on wild boars. *J. Wildl. Mgmt.*, **29**, 626-629.
-

CHRONIQUE DES LIVRES

LAMOTTE M. et BOURLIÈRE F., éd. — PROBLÈMES D'ÉCOLOGIE : L'ÉCHANTILLONNAGE DES PEU-
PLEMENTS ANIMAUX DES MILIEUX TERRESTRES. — Paris, Masson, 1969. 304 p.

Cet ouvrage, publié sous les auspices du Comité français du Programme biologique interna-
tional, est divisé en deux parties.

La première partie traite de l'échantillonnage des animaux épiques. Le cas des Invertébrés vi-
vant dans les milieux herbacés est d'abord étudié en détail, car ce sont eux qui peuvent le plus ai-
sément être recensés dans des conditions satisfaisantes. Les méthodes de piégeage des Arthropodes
terrestres et aériens sont ensuite passées en revue ; si elles ne permettent généralement pas de
connaître les effectifs réels des populations, elles peuvent néanmoins fournir des indices d'abon-
dance extrêmement utiles. Les techniques d'échantillonnage des Oiseaux et des Mammifères sont
enfin exposées, avec tous les détails nécessaires ; leurs résultats peuvent être précis, pourvu qu'une
étude de l'auto-écologie et du comportement de l'espèce étudiée ait été préalablement entreprise.

La seconde partie aborde le problème du recensement des peuplements d'Invertébrés vivant à
l'intérieur du sol et de la litière, c'est-à-dire dans les milieux dont l'hétérogénéité n'est pas toujours
évidente de l'extérieur et dont les habitants sont inégalement accessibles aux méthodes de prélève-
ment et d'extraction. Le cas des micro-arthropodes, des nématodes et des vers de terre est tour à
tour envisagé en détail. L'ouvrage se termine par un chapitre sur le dénombrement des popula-
tions de fourmis terrioles, pris comme exemple de ces insectes sociaux qui jouent un si grand
rôle dans le métabolisme des écosystèmes terrestres.

Les grandes divisions en sont les suivantes :

L'échantillonnage quantitatif des peuplements d'Invertébrés en milieux herbacés, par
M. LAMOTTE, D. et Y. GILLON et G. RICOU.

Les méthodes de piégeage des Invertébrés. I. — Généralités, par J.-R. LE BERRE. II. — Les
pièges à eau, par J.-R. LE BERRE et M. ROTH. III. — Les pièges lumineux, par J.-R. LE BERRE.

Méthodes de dénombrement des populations d'oiseaux, par J. BLONDEL.

L'échantillonnage des populations de petits mammifères, par F. SPITZ.

L'échantillonnage des populations de grands mammifères, par F. BOURLIÈRE.

Échantillonnage des microarthropodes du sol, par J.-P. CANCELA DA FONSECA et G. VANNIER.

Les techniques d'échantillonnage des peuplements de nématodes dans le sol, par G. MERLY
et M. LUC.

L'échantillonnage des peuplements d'Oligochètes terrioles, par M.-B. BOUCHÉ.

L'échantillonnage des peuplements de fourmis terrioles, par J. LEVIEUX.

LABORATORY TRAINING MANUAL ON THE USE OF ISOTOPES AND RADIATION IN ANIMAL RESEARCH.
A JOINT UNDERTAKING BY THE FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED
NATIONS AND THE INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienne, 1969, 2nd ed.,
193 pages.

Ce manuel est divisé en trois parties. La première et la deuxième parties sont consacrées d'une
part à l'étude de base des isotopes radioactifs et des radiations, d'autre part aux expériences en
laboratoire :

— méthodes de détection des radiations par l'utilisation du compteur Geiger-Müller et d'un
compteur à scintillation,

— les problèmes de contamination,

— l'utilisation des principes de base : dilution des isotopes, traceurs, analyse par activation,

et l'expérimentation, combustion des composés carbonés, cinétique des échanges d'ions en solution et sous forme solide, détermination du cuivre et du phosphore dans le matériel biologique au moyen de l'analyse par activation.

La 3^e partie, ou partie appliquée, traite d'une série d'expériences réalisées en laboratoire sur du matériel précis :

- distribution du phosphore radioactif chez le Rat déterminé par les techniques de lavage et le comptage en milieu liquide,
 - mesure de volume du sang et des érythrocytes par l'utilisation d'érythrocytes marqués au Cr^{51} ,
 - filtration sur gel avec le Sephadex,
 - transport du ^{45}Ca et ^{85}Sr à travers les segments intestinaux,
 - métabolisme du cholestérol chez le Rat étudié par la méthode de comptage par scintillation en milieu liquide de ^3H et ^{14}C ,
 - préparation des protéines du plasma marquées à l'iode radioactif,
 - mesure de l'activité spécifique du CO_2 expiré après administration de glucose marqué au C^{14} chez le Rat,
 - technique d'oxydation pour la préparation d'échantillon pour la scintillation liquide,
 - utilisation du $^{14}\text{CO}_2$ pour marquer les acides aminés.
-

TABLE DES MATIÈRES DE L'ANNÉE 1969

J. D'AGUILAR, S. POITOUT, F. DE LA CONDAMINE. — Premières observations sur la présence en France de <i>Laspeyresia medicaginis</i> KUZN. (<i>Lep. Tortricidae</i>) dans les luzernières du département de la Drôme.....	197
P. BERTHELEM, J. MISSONNIER, Y. ROBERT. — Le Puceron noir de la fève, <i>Aphis fabae</i> SCOP. (<i>Homoptera, Aphididae</i>) et la culture de la féverole de printemps (<i>Vicia faba</i> L.). Facteurs de la limitation des populations de l'insecte et possibilités d'extension de la culture dans l'ouest de la France.....	183
E. BILIOTTI, Jeanne DAUMAL. — Biologie de <i>Phanerotoma flavitestacea</i> FISCHER (<i>Hymenoptera Braconidae</i>). Mise au point d'un élevage permanent en vue de la lutte biologique contre <i>Ectomyelois ceratoniae</i> ZELL..	379
N. BOEMARE, N. BRES. — Le développement du virus de la Densonucléose au cours de la métamorphose de son hôte, <i>Galleria mellonella</i> L. (<i>Lepidoptera</i>)	309
J. BONFILS. — Catalogue raisonné des insectes des Antilles françaises. <i>Dictyoptera</i> : <i>Blattaria</i> et <i>Mantida</i>	107
J.-C. CAYROL. — Influence de la température au cours de l'embryogenèse sur l'éclosion des œufs de <i>Ditylenchus myceliophagus</i> J. B. GOODEY, 1958	7
J.-P. CHAMBON. — Extension d'un foyer et dispersion des populations d'une Tordeuse (<i>Cnephasia pumicana</i> ZELLER, Lépidoptère <i>Tortricidae</i>).....	433
G. GIANNOTTI, G. DEVAUCHELLE. — Lésions cellulaires dues à des mycoplasmes liés à la phyllodie du trèfle chez la cicadelle vectrice <i>Euscelis plebejus</i> FALL	31
Nicole HAWLITZKY. — Incidence de deux germes pathogènes sur quelques caractères physiologiques des larves de troisième stade de <i>Melolontha melolontha</i> L. (<i>Col. Scarabeidae</i>).....	149
G. IPERTI, Y. LAUDÉHO. — Les entomophages de <i>Parlatoria blanchardi</i> TARG. dans les palmeraies de l'Adrar mauritanien. I. — Études biologiques et écologiques préliminaires. Perspectives d'acclimatation de nouveaux prédateurs <i>Coccinellidae</i>	17
Y. LAUDÉHO, R. ORMIÈRES, G. IPERTI. — Les entomophages de <i>Parlatoria blanchardi</i> TARG. dans les palmeraies de l'Adrar mauritanien. II. Étude d'un parasite de <i>Coccinellidae</i> , <i>Gregarina katherina</i> WATSON.	395
J.-C. ONILON. — Étude du complexe parasitaire <i>Trioza urticae</i> L. (<i>Homoptère, Psyllidae</i>) <i>Tetrastichus upsi</i> WALK. (<i>Hymenopt. Tetrastichidae</i>)..	55
A. PANIS. — Observations faunistiques et biologiques sur quelques <i>Pseudococcidae</i> (<i>Homoptera, Coccidae</i>) vivant dans le midi de la France.....	211

S. POITOUT. — La consanguinité chez les Lépidoptères <i>Noctuidae</i> . Mise en évidence de son importance dans la conduite d'élevage en conditions artificielles.....	245
KAISER H. BAQRI, M. SHAMIM JAIRAJPURI. — Deux espèces connues et trois espèces nouvelles de Nématodes associées aux cultures de plantes à fibres en Inde)	327
Y. ROBERT. — Premières observations sur la biologie de <i>Capitophorus horni</i> BÖRNER (<i>Homoptera: Aphididae</i>) dans l'ouest de la France.....	39
P. ROBERT. — Étude en laboratoire de l'influence du stade larvaire, de la quantité de virus et de la température sur la virose à <i>Vagoiavirus</i> de <i>Melolontha melolontha</i> L. (Coléopt. <i>Scarabaeidae</i>).....	289
R. ROEHRICH. — La diapause de l'Eudémis de la Vigne <i>Lobesia botrana</i> SCHIFF. (Lép. <i>Tortricidae</i>) : induction et élimination	419
C. SENDER. — Élevage permanent du Carpocapse des Pommes <i>Carpocapsa</i> (<i>Laspeyresia</i>) <i>pomonella</i> L. sur milieu artificiel simplifié.....	321
D. SCHVESTER. — Traitements insecticides et guérison des vignes atteintes de Flavescence Dorée	467
D. SCHVESTER, P. CARLE, G. MOUTOUS. — Nouvelles données sur la transmission de la Flavescence Dorée de la Vigne par <i>Scaphoideus littoralis</i> BALL.	445
SHAHID HASAN KHAN. — Une nouvelle espèce du genre <i>Peltamigratis</i> SHER. 1963 (<i>Nematoda: Hoplolaimidae</i>) en provenance de Trinidad (Antilles).	495
M. STERNLICHT. — Étude des fluctuations des populations d' <i>Aceria sheldoni</i> en Israël.	127
C. VAGO, J.-M. QUIOT. — Recherches sur la composition des milieux pour culture de cellules d'Invertébrés.....	281
A. VEY, G. VAGO. — Recherches sur la guérison dans les infections cryptogamiques d'insectes. Infection à <i>Aspergillus niger</i> . v. TIEGH chez <i>Galleria melonella</i> L.	121
T. YOUNES. — Caractéristiques biologiques et modalités parasitaires d'un Nématode mycophage <i>Aphelenchoides composticola</i> (FRANKLIN, 1957) ..	407

Mises au point bibliographiques.

A. FRAVAL. — La jaunisse apicale du Pois : connaissances actuelles sur l'écologie de cette maladie transmise par Aphides.....	357
Ph. GRAMET. — Évolution des techniques employées pour l'étude des mouvements de populations d'Oiseaux et de Mammifères.....	499
M. PUSSARD. — La membrane des Protozoaires, organe de l'excitabilité et de l'ingestion.....	67
Y. SINOIR. — L'ultrastructure des organes sensoriels des Insectes.....	339
Chronique des livres	205-373-525
Informations	99, 371

CONTENTS

J. D'AGUILAR, S. POITOUT, F. DE LA CONDAMINE. — First observations on the occurrence of <i>Laspeyresia medicaginis</i> KUZN. (<i>Lep. Tortricidae</i>) in the seed-growing lucerne fields in the department of Drôme (South of France)	197
P. BERTHELEM, J. MISSONNIER et Y. ROBERT. — Black bean aphid (<i>Aphis fabae</i> SCOP.) and the culture of spring field beans (<i>Vicia faba</i> L.) in the West of France.....	183
E. BILLOTTI, Jeanne DAUMAL. — Biology of <i>Phanerotoma flavitestacea</i> FISCHER (<i>Hymenoptera, Braconidae</i>). Improvement of a method of permanent mass breeding towards biological control of <i>Ectomyelois ceratoniae</i> ZELL....	379
N. BOEMARE, N. BRES. — Development of Densonucleosis virus during the metamorphosis of its host, <i>Galleria mellonella</i> L. (<i>Lepidoptera</i>).....	309
J. BONFILS. — Descriptive catalogue of the insects of the french West Indies. <i>Dictyoptera: Blattaria</i> and <i>Mantida</i>	107
J.-C. CAYROL. — The influence of temperature during embryogenesis on the hatching of <i>Ditylenchus myceliophagus</i> eggs.....	7
J.-P. CHAMBON. — Extension of a center and larval dispersion of a Tortrix (<i>Cnephasia pumicana</i> ZELLER, <i>Lepidoptera Tortricidae</i>).....	433
G. GIANNOTTI, G. DEVAUCHELLE. — Cell-injuries due to mycoplasma caused by the vector of clover phyllody, the leafhopper <i>Euscelis plebejus</i> FALL..	31
Nicole HAWLITZKY. — Incidence of two pathogens on some physiological characteristics of the third instar larvae of <i>Melolontha melolontha</i> L. (Col. <i>Scarabeidae</i>)	149
G. IPERTI, Y. LAUDÉHO. — Entomophagous insects of <i>Parlatoria blanchardi</i> TARG. in the palmgrove of the mauritanian Adrar. I. — Biological and ecological studies. Acclimation projects of new predators (<i>Coccinellidae</i>)	17
Y. LAUDÉHO, R. ORMIÈRES, G. IPERTI. — Entomophagous insects of <i>Parlatoria blanchardi</i> TARG. in the palmgrove of the mauritanian Adrar. II. — Study of a <i>Coccinellidae</i> parasite, <i>Gregarina katherina</i> WATSON.....	395
J.-C. ONILLON. — Research on the parasitic complex <i>Trioza urticae</i> L. (Homopt. <i>Psyllidae</i>) <i>Tetrastichus upis</i> WALK. (Hymenopt. <i>Tetrastichidae</i>)	55
A. PANIS. — Faunistical and biological observations on some <i>Pseudococcidae</i> living in southern France.....	211
S. POITOUT. — Inbreeding among <i>Noctuidae</i> (<i>Lepidoptera</i>). Evidence of its importance in breedings under artificial conditions.....	245
QAISER H. BAQRI, M. SHAMIM JAIRAJPURI. — Two known and three new species of Nematodes associated with fibrous crops in India.....	327
Y. ROBERT. — First observations on the biology of <i>Capitophorus horni</i> BÖRNER (<i>Homoptera: Aphididae</i>) in western France.....	39
P. ROBERT. — A laboratory study of the effect of the larval stage, the quantity of virus and the temperature on the infection of <i>Melolontha melolontha</i> L. (<i>Coleoptera-Scarabaeidae</i>) with Vagoiavirus.....	289

R. ROEHRICH. — The diapause of the Vine <i>Eudemis</i> (<i>Lobesia botrana</i> SCHIFF) (Lep. <i>Tortricidae</i>) : induction and elimination.....	419
C. SENDER. — Continuous rearing of the codling moth, <i>Carpocapsa</i> (<i>Laspeyresia</i>) <i>pomonella</i> L. on a simple artificial diet.....	321
D. SCHVESTER. — Insecticide treatments and recovery of « Flavescence Dorée » diseased vineyards.....	467
D. SCHVESTER, P. CARLE, G. MOUTOUS. — Further data on the transmission of « Flavescence Dorée » of vinegrape by <i>Scaphoideus littoralis</i> BALL.....	445
SHAHID HASAN KHAN. — A new species of the genus <i>Peltamigratus</i> SHER., 1963 (<i>Nematoda</i> : <i>Hoplolaimidae</i>) from Trinidad, West Indies.....	495
M. STERNLICHT. — A study of fluctuations in the citrus bud mite populations	127
C. VAGO, J.-M. QUIOT. — Researches on the composition of media for invertebrate tissue culture.....	281
A. VEY, C. VAGO. — Studies on recovery in the fungal infections of insects <i>Aspergillus niger</i> infection in <i>Galleria melonella</i>	121
T. YOUNES. — Biological characteristics and parasitary behaviour of a mycophagous Nematode	407

Bibliographical reviews.

A. FRAVAL. — Pea leaf roll : present state of the study on the ecology of this disease transmitted by aphids.....	357
Ph. GRAMET. — Evolutions of the techniques used for studying the migrations of birds and mammalia populations.....	499
M. PUSSARD. — The membrane of Protozoa, the organelle giving rise to excitability and ingestion.....	67
Y. SINOIR. — The ultrastructure of the Insects' sensorial organs.....	339

<i>Book reviews</i>	205, 373, 525
---------------------------	---------------

<i>Information</i>	99, 371
--------------------------	---------

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 27, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles séparées seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire* : il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs*, précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; — *le nom de l'établissement*, dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :

a) *sommaire* : résumé suffisamment précis pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé*, en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats*, à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusion* ; f) *résumé* destiné à être traduit en anglais comportant une analyse complète de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborations, les fonds les dons... ; h) *références bibliographiques*.

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français très complet. Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (DUPONT et DUVAL, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de *et al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) ; le titre du périodique en abrégé, selon la *World List of Scientific Periodicals*, ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.* ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d'« Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponible est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés à l'état de projets, leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : soit × 0,5, soit × 0,25.

Il est rappelé que le format utile des Annales est : 16 × 24 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos 9 × 12,4 photos 9 × 5,5, 6 photos 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur feuilles séparées et porter les numéros des figures.

Correction des épreuves : les auteurs recevront une épreuve à corriger.

Envoi du manuscrit : M. BILLOTTI, Centre national de Recherches agronomiques, 78 - Versailles, France. On demande deux exemplaires.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

PÉRIODIQUES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1970	France	Étranger	Le N°
ANNALES AGRONOMIQUES, 6 n ^{os} par an	125 F	135 F	25 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 n ^{os} par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 n ^{os} par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE ZOOLOGIE - ÉCOLOGIE ANIMALE, 4 n ^{os} par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 n ^{os} par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 n ^{os} par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE, 4 n ^{os} par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 n ^{os} par an	75 F	80 F	25 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION ANIMALE, 4 n ^{os} par an	100 F	110 F	35 F

APIDOLOGIE, 4 n^{os} par an — Abonnement : France : 30 F
Étranger sauf R. F. A. : 35 F

— Le numéro : France : 9F
Étranger sauf R. F. A. : 10 F

PUBLICATIONS NON PÉRIODIQUES

Recherches d'économie et de sociologie rurales :

N° 1; n° 2; le numéro 11,20 F
Souscription pour les 4 premiers numéros : 35,00 F

Recherches vétérinaires :

N° 1; n° 2; le numéro 22,30 F

Recherches d'hydrobiologie continentale :

Le n° 1: 16,75 F

Prix T. T. C.

DERNIERS OUVRAGES PARUS

Essai de classification et de nomenclature des virus, par H. Lapierre et D. Spire.

110 p., 1969 35,00 F

Deuxième Congrès de l'Union phytopathologique méditerranéenne, Avignon-Antibes, 21-27 septembre 1969.

470 p., 1969 90,00 F

Colloque sur les manifestations inflammatoires et tumorales chez les Invertébrés, Versailles, 19 décembre 1967.

134 p., 1969 40,00 F

Les techniques de mycologie en pathologie végétale, par F. Rapilly

107 p., 1968 15,00 F

Applications de l'électricité à la biologie et à l'aménagement des pêches continentales, publié sous la direction de R. Vibert.

276 p., 1968 35,00 F

Les leucoses animales, par C. Lombard.

215 p., 1968 27,90 F

Fermentations et vinifications. II^e symposium international d'œnologie tenu à Bordeaux-Cognac, les 13-17 juin 1967.

656 p., 2 volumes, 1968 68,00 F

Bases et techniques d'une cartographie des sols, par M. Jamagne.

124 p. (dont 3 cartes des sols sous pochette annexe), 1967 45,00 F

Carte pédologique de la France à l'échelle du millionième et notice explicative, par J. Dupuis.

56 p., 1967 61,50 F

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78 - Versailles.
Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.
Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.
A Paris, bureau de vente : 11, rue Jean-Nicot, 7^e.

TABLE DES MATIÈRES

E. BILIOTTI, Jeanne DAUMAL. — Biologie de <i>Phanerotoma flavitestacea</i> FISCHER (Hymenoptera Braconidae). Mise au point d'un élevage permanent en vue de la lutte biologique contre <i>Ectomyelois ceratoniae</i> ZELL	379
Y. LAUDÉHO, R. ORMIÈRES, G. IPERTI. — Les entomophages de <i>Parlatoria blanchardi</i> TARG. dans les palmeraies de l'Adrar mauritanien. II. — Étude d'un parasite de Coccinellidae, <i>Gregarina katherina</i> WATSON	395
T. YOUNES. — Caractéristiques biologiques et modalités parasitaires d'un Nématode mycophage <i>Aphelenchoides composticola</i> (FRANKLIN, 1967)	407
R. ROEHRICH. — La diapause de l'Eudémis de la Vigne <i>Lobesia botrana</i> SCHIFF. (Lép. Tortricidae) : induction et élimination	419
J.-P. CHAMBON. — Extension d'un foyer et dispersion des populations d'une Tordeuse (<i>Cnephasia pumicana</i> ZELLER, Lépidoptère Tortricidae)	433
D. SCHVESTER, P. CARLE, G. MOUTOUS. — Nouvelles données sur la transmission de la Flavescence Dorée de la Vigne par <i>Scaphoideus littoralis</i> BALL.	445
D. SCHVESTER. — Traitements insecticides et guérison des vignes atteintes de Flavescence Dorée	467
SHAHID HASAN KHAN, ZARIUDDIN. — A new species of the genus <i>Peltamigratus</i> SHER., 1963 (Nematoda : Hoplolaiminae) from Trinidad, West Indies. (Une nouvelle espèce du genre <i>Peltamigratus</i> SHER., 1964 (Nematoda : Hoplolaiminae) en provenance de Trinidad (Antilles))	495
<i>Mise au point bibliographique.</i>	
Ph. GRAMET. — Évolution des techniques employées pour l'étude des mouvements de populations d'Oiseaux et de Mammifères	499
<i>Chronique des Livres</i>	525

CONTENTS

E. BILIOTTI, Jeanne DAUMAL. — Biology of <i>Phanerotoma flavitestacea</i> FISCHER (Hymenoptera Braconidae). Improvement of a method of permanent mass breeding towards biological control of <i>Ectomyelois ceratoniae</i> ZELL	379
Y. LAUDÉHO, R. ORMIÈRES, G. IPERTI. — Entomophagous insects of <i>Parlatoria blanchardi</i> TARG in the palm grove of the mauritanian Adrar. II. — Study of a Coccinellidae parasite <i>Gregarina katherina</i> WATSON.	395
T. YOUNES. — Biological characteristics and parasitary behaviour of a mycophagous Nematode	407
R. ROEHRICH. — The diapause of the Vine Eudemis (<i>Lobesia botrana</i> SCHIFF.) (Lep. Tortricidae) : induction and elimination	419
J.-P. CHAMBON. — Extension of a center and larval dispersion of a Tortrix <i>Cnephasia pumicana</i> ZELLER (Lepidoptera Tortricidae)	433
D. SCHVESTER, P. CARLE, G. MOUTOUS. — Further data on the transmission of « Flavescence Dorée » of vinegrape by <i>Scaphoideus littoralis</i> BALL.	445
D. SCHVESTER. — Insecticide treatments and recovery of « Flavescence Dorée » diseased vineyards	467
SHAHID HASAN KHAN, ZARIUDDIN. — A new species of the genus <i>Peltamigratus</i> SHER, 1963 (Nematoda : Hoplolaiminae) from Trinidad, West Indies	495
<i>Bibliographical review.</i>	
Ph. GRAMET. — Evolution of the techniques used for studying the migrations of birds and mammalian populations	499
<i>Book reviews</i>	525